TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA

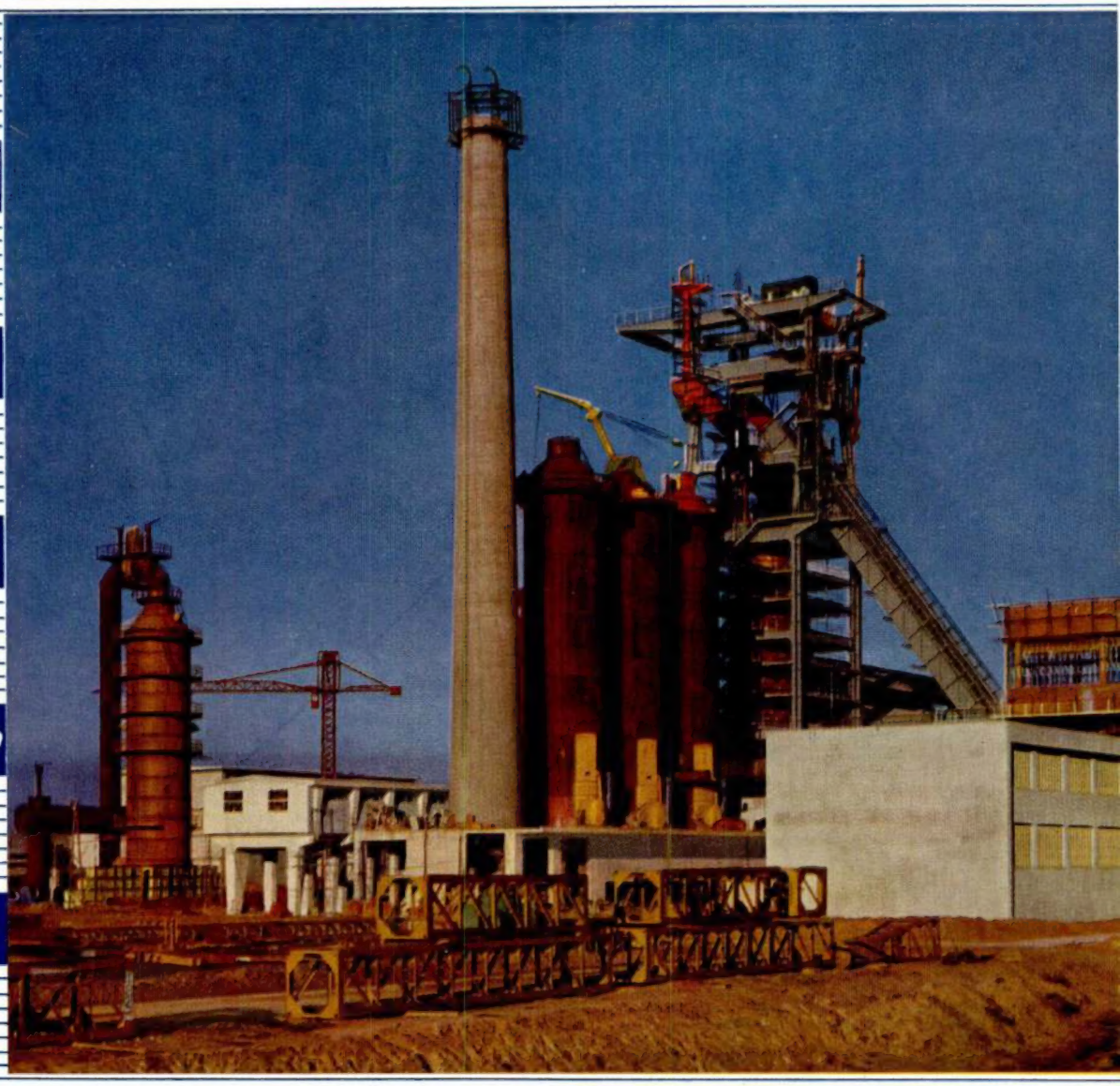
conomia

ecnologia

ociologia

nvestigação

edagogia



DEZEMBRO 1960

307

Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão – Setúbal

Telef. 028824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 28201/2/3

Desde o
Distrito de **VIANA DO CASTELO**
ao de **LEIRIA** e nos Distritos
de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as maiores facilidades,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO ..... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO..... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas

Papel de desenho mate e acetinado granitado para aguarelas.

Papel de desenho acetinado.

ASSISTENT

Papel de desenho mate.

Utoplex

Papel vegetal mate e acetinado.

Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

Representantes em Portugal:
E. BRUNNER & CA., LDA., Rua de Aviz, 13, Porto
Distribuidores: DETÉCNICA
— Equipamentos Técnicos de Desenho, Ld.ª
Av. de Berna, 46-1.º D Telef. 765321

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXIV - N.º 307 Dezembro de 1960

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
JORGE GONÇALVES CALADO

ADMINISTRADOR
HENRIQUE TELLES ANTUNES

SECRETÁRIO
ANTÓNIO ALVES MACEDO

REDACTORES
JOSÉ FERNANDO PINHARANDA
CARLOS PENA
MIGUEL FALCÃO
RAMIRO CONFRARIA
ORLANDO DE GRAÇA LOBO

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	80$00	110$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — O primeiro Alto-Forno montado em Portugal, que muito em breve iniciará a sua laboração — Siderurgia Nacional — Seixal.

Págs.

Tendências actuais da técnica das caldeiras de vapor de alta pressão
Pelo Eng.º João Carlos Adrião de Sequeira 117

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** . . . . 134 e 146

A aplicação das modernas técnicas físico-químicas à análise rápida de cimentos. Complexometria.
Pelos Eng.os Antera Valeriana de Seabra e Maria do Rosário Tavares Cravo 135

O controle da fabricação do betão e a medição da sua qualidade no estaleiro
Pelo Eng.º A. de Sousa Coutinho 147

Nota sobre a flutuação dos minérios de urânio
Pelo Eng.º Ramachondra Ananta Naique 165

Escolha electrónica de minérios radioactivos — Estudo prévio de três minérios portugueses
Por H. Simões Santos 177

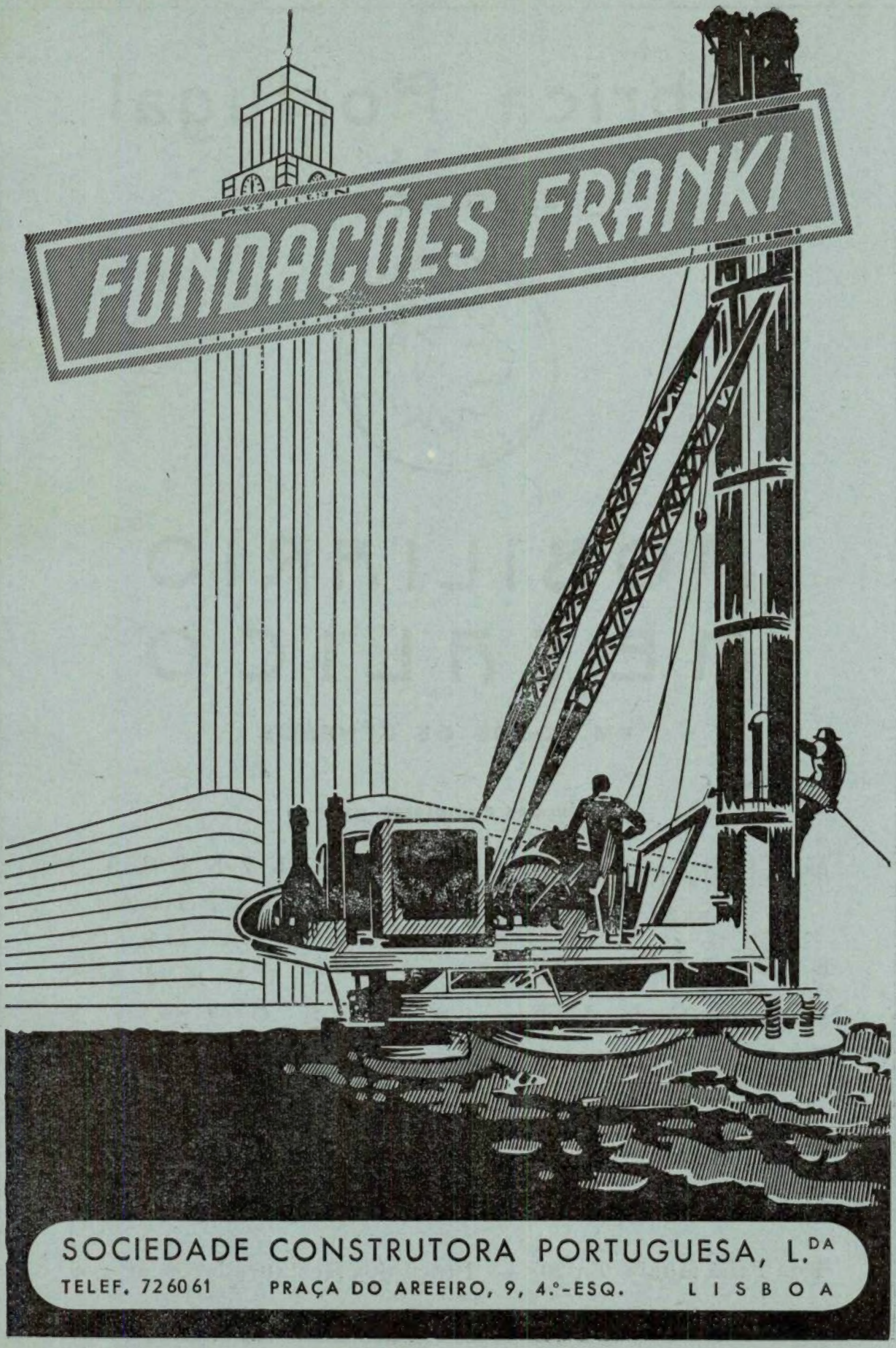
Do Mundo Técnico 188

Biblioteca 189

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

	Pág.
A	
A. Gestetner	XLIV
Ad. M. Elias (Herdeiros)	XLII
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd.	XL
Anhydro	XXIII
Azevedo & Pessi, Ltd.	XLII
C	
Caldeiras Barès	XLIII
Cimento Secil	2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos	XII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos	XIV
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP	XXXVIII
Companhia União Fabril	XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª	XXV
C. Santos, Ltd.ª	VI e XV
Cruz & Cruz, Lda.	XXIV
D	
Detécnica	2.ª da capa
Decauto	XXVI
E	
Elektrim	XXXII
Electro-Arco, Ltd.ª	IX
EFAACEC	XXXVI
Electrotécnicos Reunidos	XXVIII
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª	XXVII
Empresa Electro Cerâmica	XLIV
Empresa Nacional de Aparelhagem Eléctrica	XXXIV
Empresa de Produtos Asfálticos	VII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XIII
English Electric	VIIII
Eng.º Augusto Cavaco	XLII
F	
Fábrica Portugal	II
Fanafel	XXII
Filtrol, Lda.	XXVI
G	
Guedes & Almeida, Lda.	XLVII
H	
Henriques & Castro, Ltd.ª	XII
Henry M. F. Haterley, Lda	XXXV
Hidrel	XXVIII
J	
Jayme da Costa, Lda	XXXIII
M	
MAN	XIX
Máquinas de Precisão, Ltd.ª	XLVI
Martin Leslie & C.ª Lda.	XXII
Monteiro Gomes, Ltd.ª	XLV
O	
Ocidente — Importador e Exportador, Lda.	XXIV
P	
Papelaria Fernandes	XXXI
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª	III
S	
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da	XVII
Siemens	XXXVII
Soabal, Ltd.	XXX
SMEIA	IV e XI
Soc. Comercial Romar, Lda.	XX e XXI
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª	I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri	4.ª da capa
Sociedade Industrial Metalúrgica	XLIV
Sociedade Michaelis de Vasconcellos	XVI
Sociedade Portuguesa Cavan	IX
Socotel	V
Sonap	XXXIX
Sondagens Ródio, Ltd.ª	IX
Standard Eléctrica	X
T	
Terrys	XLI
U	
União Eléctrica Portuguesa	2.ª da capa
V	
Vasco Pessoa, Lda.	XXVIII
W	
Wild Portugal, Lda.	XXIX


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 726061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

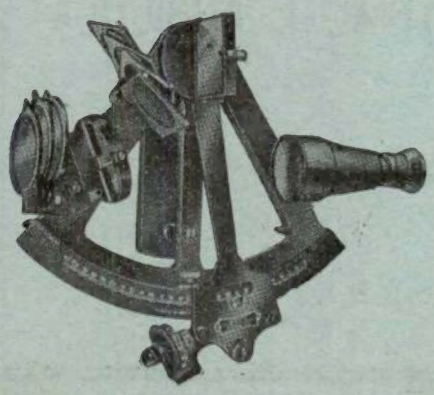
GRANDE SORTIDO
DE INSTRUMENTOS DE
PRECISÃO, CIENTÍFICOS
E INDUSTRIAIS

PARA

- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314

TELEG.: TECNA

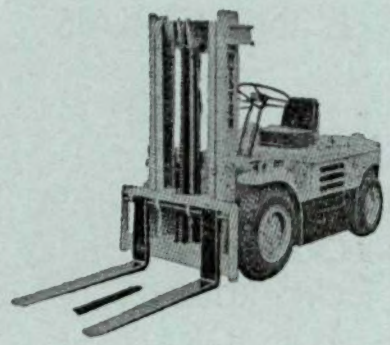


EMPILHADORES DE GARFO

com motor DIESEL

HYSTER

PARA CARGAS DE **450** A **9.000** Kg.



Peça informações e uma demonstração ao agente exclusivo

SMEIA

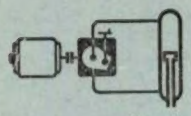
SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA

S. A. R. L.

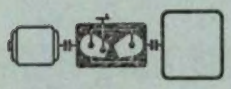
Avenida P. Manuel da Nóbrega, 8-B ✦ Telef. 72 40 53-4-5 ✦ LISBOA

AGENTES EM: ALCÁCER DO SAL — BEJA — ELVAS — FARO
LEIRIA — SANTARÉM E PORTO.

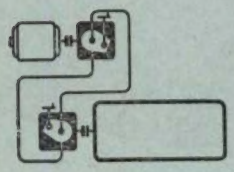
Regulação contínua com HYDRO TITAN



Bomba de débito variável, de alta pressão



Variador standard



Transmissão hidráulica à distância

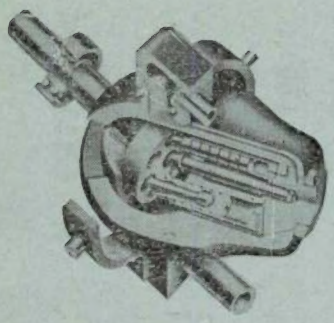
Variador hidráulico e bomba de alta pressão com débito variável, potência de 2 a muitas centenas de CV

Grande campo de regulação
Elevado rendimento nos limites mais extensos do campo de regulação
Reversibilidade rápida, sem choques
Grande capacidade de sobrecargas
Possibilidades de várias montagens

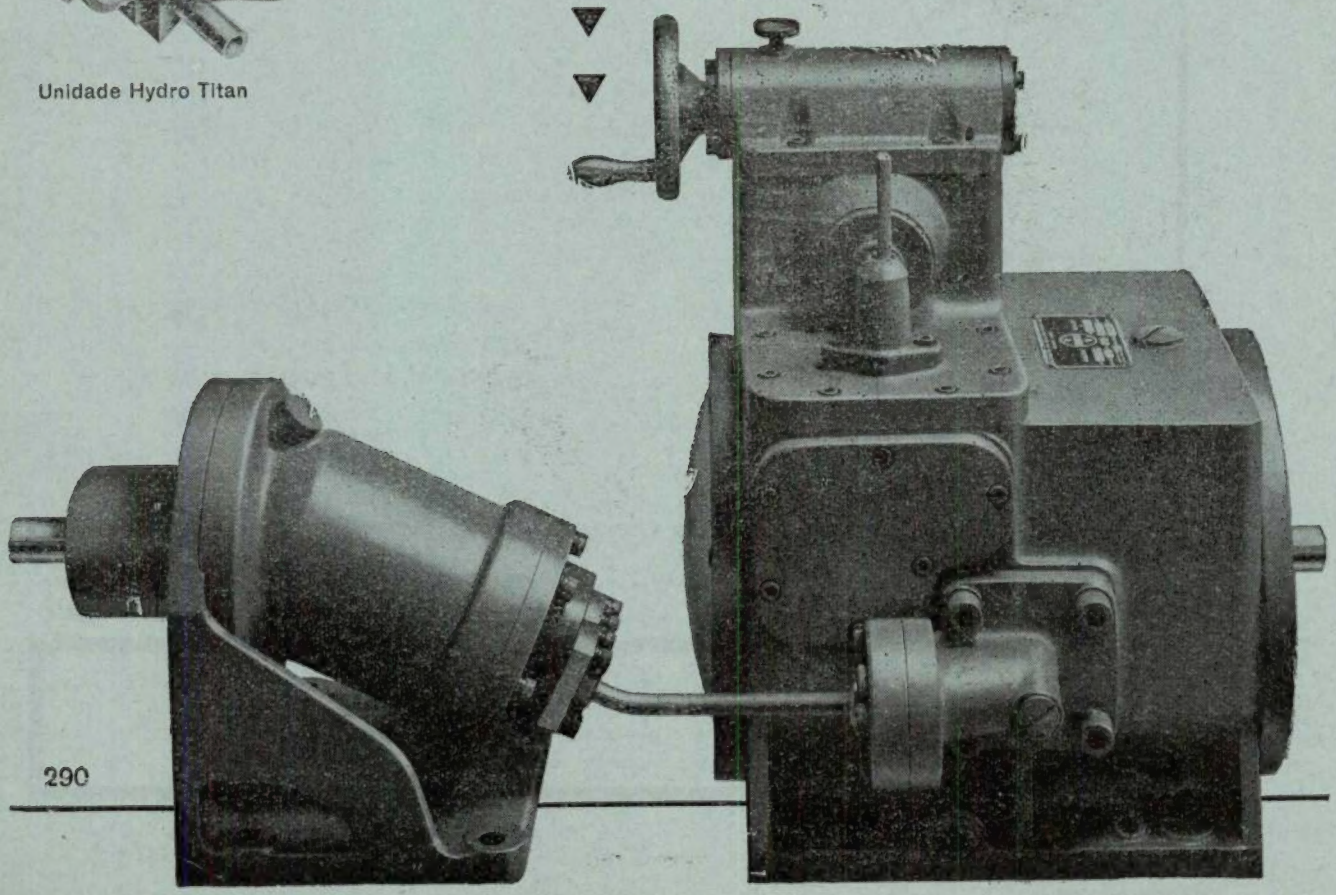
DE ROLL

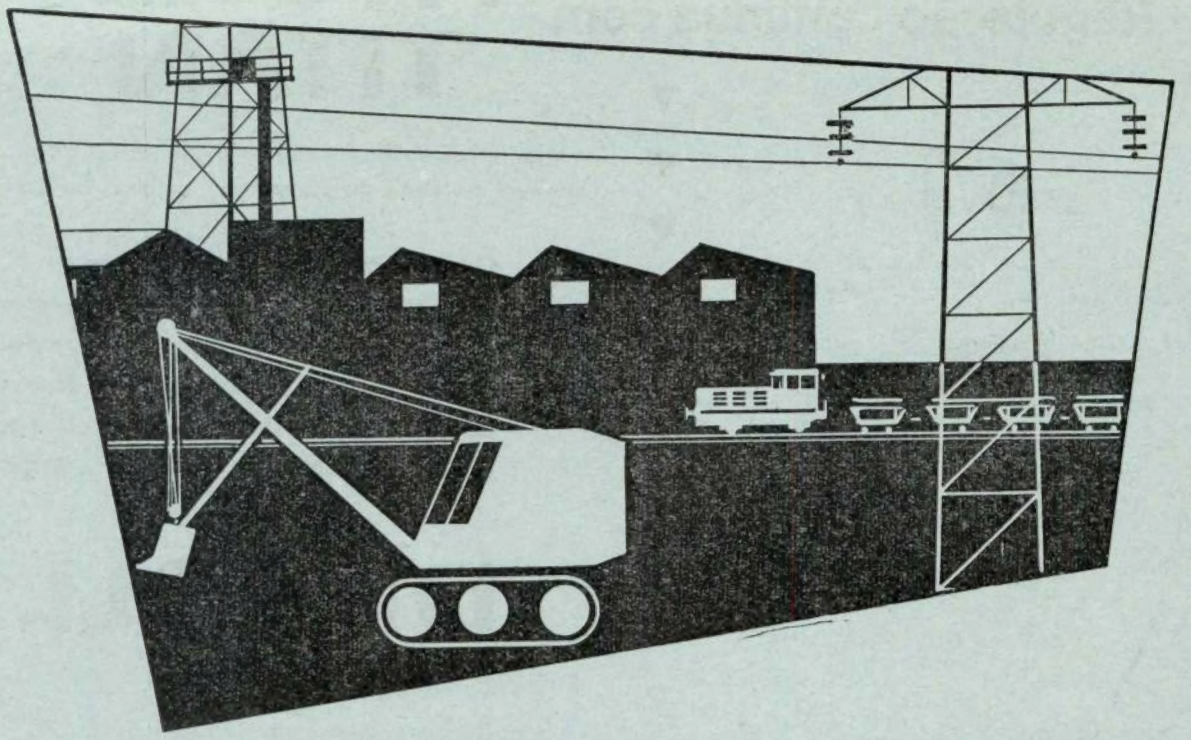
Fabricas de Klus, Klus (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, L.da
Rua Sá da Bandeira, 651-4.º Esq.
Porto - Telef. 27013



Unidade Hydro Titan





MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS, ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. ✦ RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.° ✦ TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

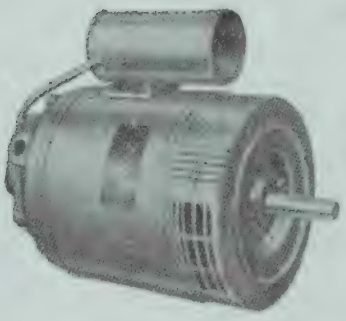
EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.°-LISBOA

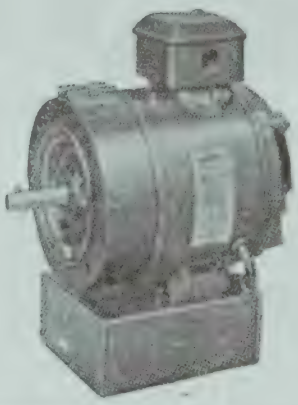
FÁBRICA EM SACAVÉM

'ENGLISH ELECTRIC'

MODELOS PARA TODAS AS APLICAÇÕES

Motores de 1/20 a 1 HP para corrente alternada, monofásicos ou trifásicos, e para corrente contínua, de construção protegida, blindada ou à prova de gotas





Motores de potência fraccionária

ENGLISH ELÉCTRICA DE PORTUGAL, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara) — LISBOA 3

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A

TELEF. 47812-50129

LISBOA

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649

PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

SONDAGENS RÓDIO, L.DA
LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º

Telefones: 2 8685 - 2 6865 ✦ Telegramas: SETANSOL

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

ESTE MISTURADOR-SECADOR, MÓVEL E ECONÓMICO, PRODUZ QUALQUER TIPO DE MISTURA

O Mixall é uma unidade pequena e fàcilmente transportável que produz «in-loco» todos os tipos de misturas comparáveis às que são produzidas nas instalações misturadoras, Barber-Greene, de maior porte. Produz misturas cujas quantidades podem ir de 300 libras a 5 toneladas por hora de mistura quente e até 10 toneladas de mistura fria.

O misturador-secador Mixall pode ser rebocado por camionetas ligeiras e a sua alimentação pode ser feita a partir de camions, carros de mão ou por retoma de stock. Trabalha numa faixa de rodagem de cada vez.

Mistura materiais de estabilização utilizando cimento Portland.

E fácil de operar, não necessitando de pessoal especializado.

Para informação detalhada dirija-se ao representante exclusivo.

Barber-Greene Overseas, Inc.
Barber-Greene Company, Aurora, Ill., U.S.A.

BG

Barber-Greene Olding & Co., Ltd., England
Barber-Greene Canada, Ltd., Canada

REPRESENTANTE EXCLUSIVO:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8
LISBOA

Ad No. 54-101A—M

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

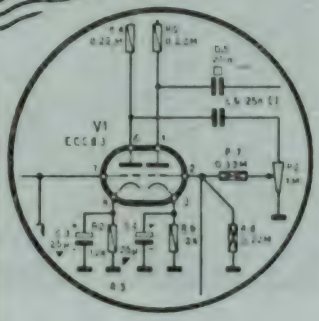
Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

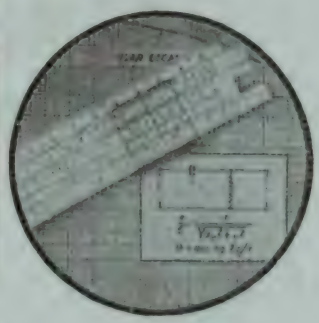
Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE GRAN



CONCEBIDO BEM CALCULADO CONSTRUIDO



LESA

A grande marca italiana

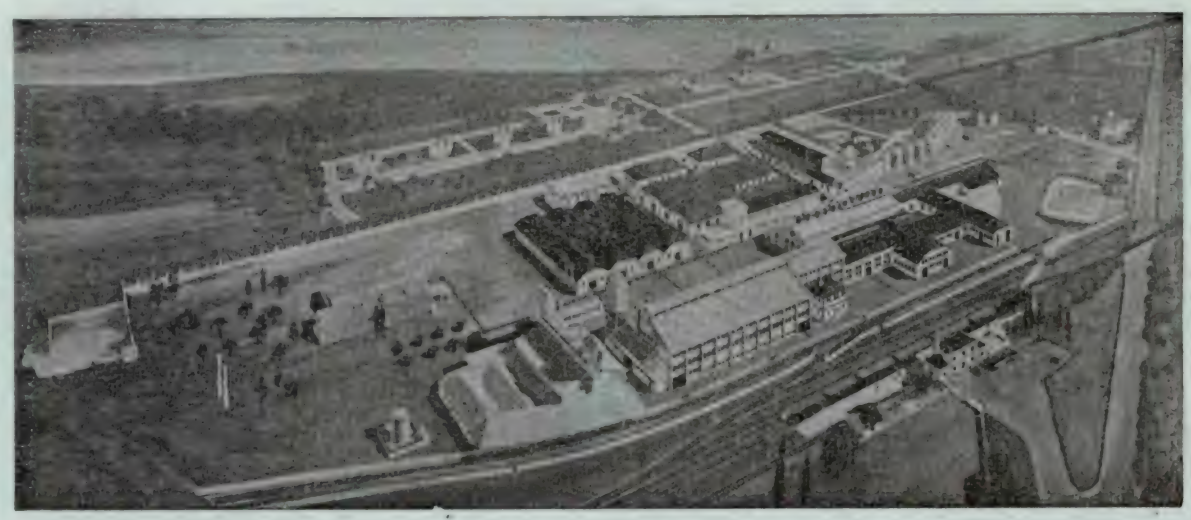
Representantes em Portugal

TELECTRA

EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r/c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua dos Clérigos, 64
Tel. 2 48 18 — PORTO



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CALCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

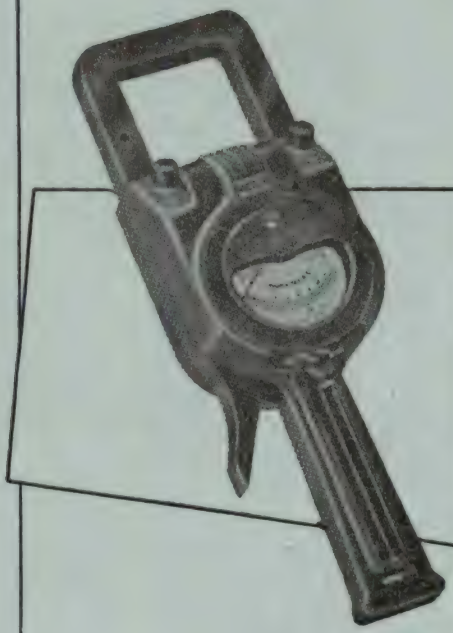
E EM MONTAGEM

GRAFITE

FABRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4 - 2.º — LISBOA
Telefones 25343-29608-368989

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

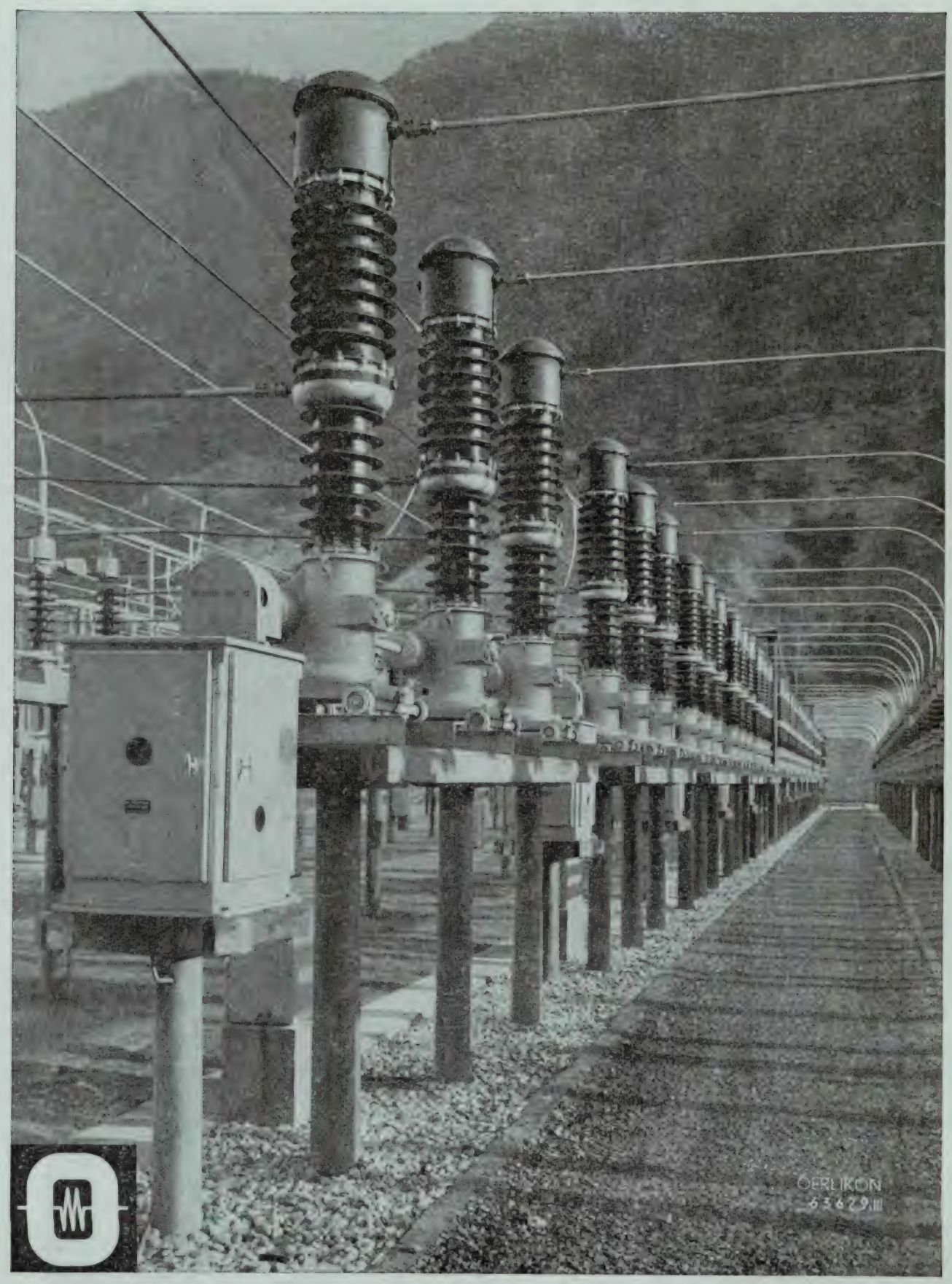
REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

Ateliers de Construction Oerlikon • Zurich 50



Disjuntores de pequeno volume de óleo, de alto poder de corte, tipo TOFQ 60.12, 2.500 MVA, tensão nominal 60 kV, intensidade nominal 1.200 A, numa instalação ao ar livre

Representante para Portugal e Ultramar: **Sociedade Michaëlis de Vasconcelos, Lda.**

PORTO — Pr. da Liberdade, 114 LISBOA — Av. Marquês de Tomar, 94

TÉCNICA

DIRECTOR: JORGE GONÇALVES CALADO
ADMINISTRADOR: HENRIQUE TELLES ANTUNES
SECRETÁRIO: ANTÓNIO ALVES MACEDO

Ano XXXIV - N.º 307 Dezembro de 1960

C. D. U. 621.181

Tendências actuais da Técnica das Caldeiras de Vapor de Alta Pressão

PELO ENG.º JOÃO CARLOS ADRIÃO DE SEQUEIRA
Prof. do I. S. T.

O trabalho que a «Técnica» tem a honra de publicar é a primeira das lições proferidas pelo Ex.mo Senhor Professor Eng.º João Carlos Adrião Sequeira, em Luanda e Lourenço Marques integradas no 1.º Curso de Férias da Universidade no Ultramar realizada durante as passadas férias de verão, e da qual o nosso Ex.mo Professor fez parte a convite do Ilustre Reitor da Universidade Clássica de Lisboa, como representante da Universidade Técnica.

O relativamente pequeno número de engenheiros mecânicos que nas nossas províncias de Angola e Moçambique exercem a sua actividade, condicionou a orientação do curso no sentido de ele poder ser seguido por engenheiros de outras especialidades e portanto, sem lhe tirar a índole superior, a nele incluir as noções indispensáveis para poder seguir-se com proveito a exposição.

A qualidade e profissão das pessoas inscritas neste Curso provaram que a orientação dada foi a mais adequada mesmo apesar de muitos engenheiros terem seguido as lições sem inscrição dada a natureza livre dos Cursos.

Um exame das condições de utilização do vapor, mostra desde sempre, uma tendência manifesta para o emprego das pressões e temperaturas cada vez mais elevadas. Ao passo que desde Watt até 1918 o aumento de pressão se fez lenta e cuidadosamente, a partir dessa data assistiu-se a uma evolução rápida, podendo, para concretizar idéias, dizer-se que em 1827 se considerava uma pressão de 4,5 kg/cm² tão perigosa que, quando o engenheiro Trevithic tentou fabricar uma locomotiva trabalhando com esta pressão, se levantaram campanhas nos jornais ingleses, com alguns artigos assinados mesmo por Watt, reclamando do Governo Inglês a promulgação de uma lei que impedisse o emprego de pressões tão perigosas.

A subida de pressão orientou-se de tal maneira que em 1918 ainda se estava nos 20 kg/cm² e cerca de 350° de sobreaquecimento.

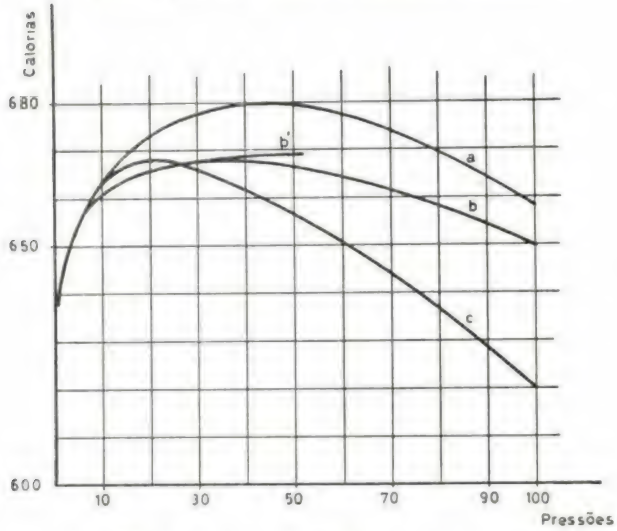
Hoje em dia os alemães têm a trabalhar desde 1956 uma central com pressões de 300 atu e 650° de sobreaquecimento enquanto que a Rússia, para as grandes centrais termicas, encara produções de 1800 t de vapor por hora a 390 atu, para o que se tornam necessárias bombas de alimentação das caldeiras com 24.000 kw.

Por outro lado os americanos, por intermédio da Westhinghause e da Combustion Engineering, constroiem uma instalação para 350 atu e 650° de sobreaquecimento.

As razões que motivaram estas subidas de

pressão e temperatura a partir de condições iniciais tão modestas, são bem patenteadas pelos gráficos que se apresentam como preâmbulo destinados a focar importantes noções, aliás de há muito conhecidas.

Stodola, trabalhando por extrapolação sobre os valores experimentais que obteve na sua época para baixas pressões, previu que o número de calorias necessário para obtenção de um kilograma de vapor, cresceria até 25 kg/cm² para em seguida diminuir. Tornava-se no entanto necessário confirmar esta afirmação a que foi levado a efeito por Schüle-Knoblauch e Atmos conforme referido na fig. 1; saliente-se a justeza da afirmação de Stodola pois embora os experimentadores não chegassem a valores coincidentes, os dois últimos, trabalhando em laboratórios distintos, quase que repetem os valores obtidos.



a — Schüle ; b — Atmas ; b' — Knoblauch ; c Stodala

Fig. 1

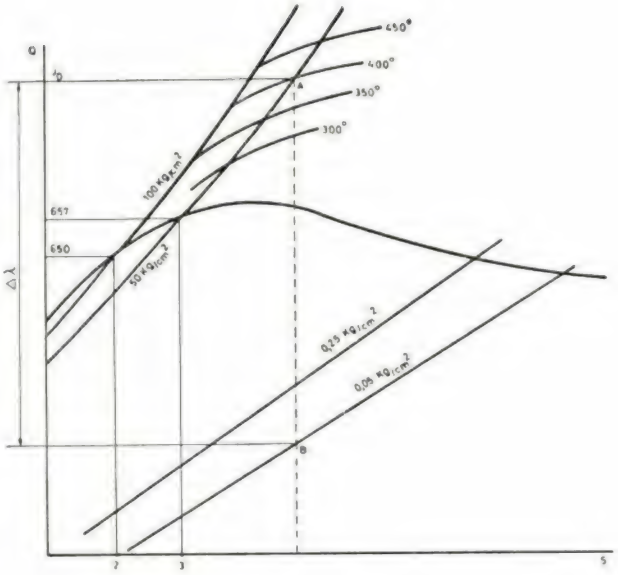


Fig. 2

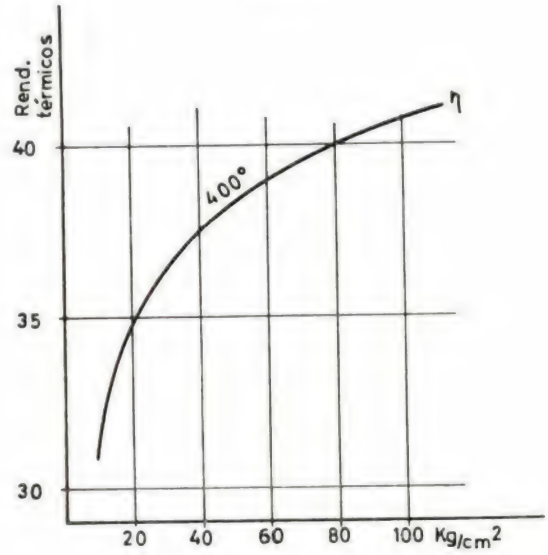


Fig. 3

Em 1924, quando do estudo da priméira caldeira Loefler, as grandes dificuldades residiram no desconhecimento das propriedades do vapor a altas pressões trabalhando-se então ainda com base nas tabelas de Mollier e nos valores de Stodola obtidos por extrapolação.

As tabelas de vapor mais recentes, atingindo o ponto crítico, permitem tirar a conclusão de que com 661 Cal tanto se pode obter,

1 kg de vapor saturado a 8 kg/cm² — 169°
como 1 kg de vapor saturado a 75 kg/cm² — 289°

O princípio de Carnot faz-nos portanto prever uma melhoria de rendimento bastante notável com a elevação de pressão.

Recorrendo ao diagrama de Mollier da fig. 2, verificamos que o rendimento de uma instalação, para a qual se admita a expansão adiabática entre dois pontos A e B, é dada por $r_t = \frac{\Delta \lambda}{J_o - i_c}$ em que $\Delta \lambda$ é a queda adiabática entre os dois pontos, J_o é a entalpia no ponto A e i_c é o calor contido na água de condensação.

A aplicação desta expressão ao vapor saturado para pressões crescentes, permite traçar a curva de subida do rendimento com a pressão e portanto, como consequência, da diminuição progressiva do consumo de calorias por Kwh.

Os gráficos das figs. 4 e 5 mostram o aumento

de rendimento e a consequente baixa de consumo em função do ano de construção das centrais, prevendo-se para as novas instalações atrás citadas um consumo de 2115 Cal/kWh.

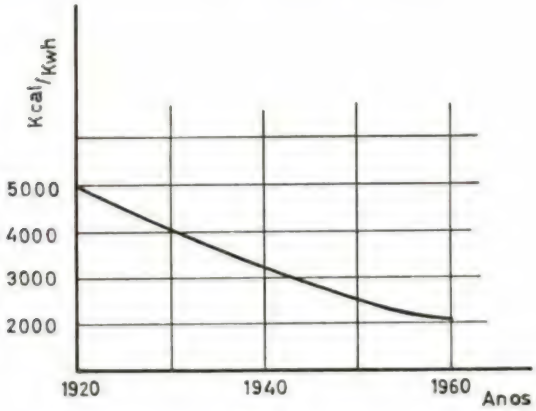


Fig 4

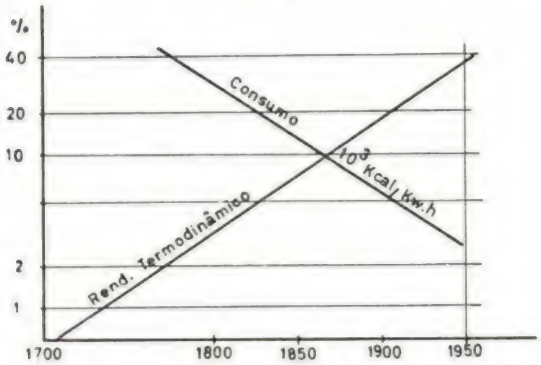


Fig. 5

Esta melhoria foi obtida pelo aumento da pressão de trabalho e da temperatura de sobreaquecimento as quais tiveram no mesmo período a variação indicada na fig. 6. Nela se vê que a subida de pressão, longe de ser gradual, se efectuou por passagens bruscas.

Assim como a barreira do som permaneceu muito tempo intransponível, igualmente a pressão crítica constituiu durante longos anos uma dificuldade termodinâmica, pois a água a essa pressão evapora sem ferver (fig. 7), e só nos últimos anos ela foi largamente ultrapassada.

Antes de abordar pròpriamente as dificuldades de obtenção de vapor a pressões e temperaturas elevadas, é oportuno acentuar que as instalações de menor pressão existentes podem trabalhar econòmicamente desde que se lhes junte um grupo de alta pressão de modo a utilizar-se o escape da respectiva turbina para alimentar a instalação existente de baixa pressão.

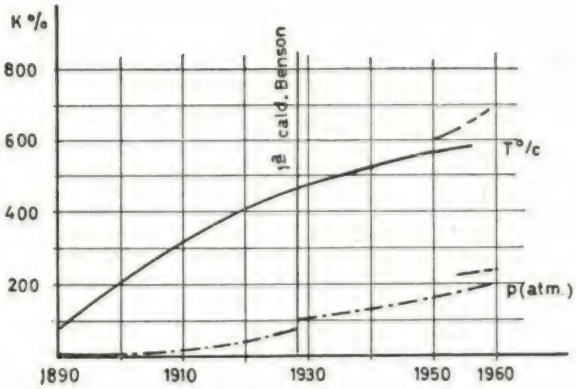


Fig. 6

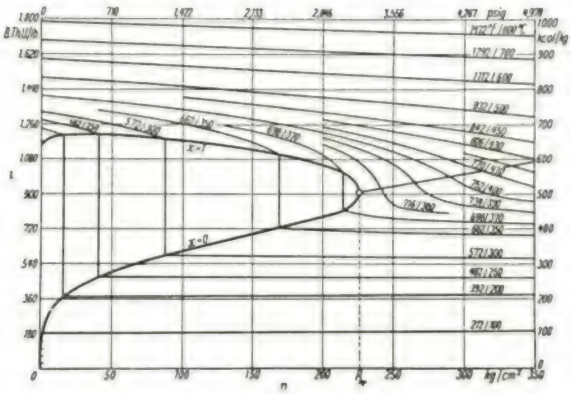


Fig. 7

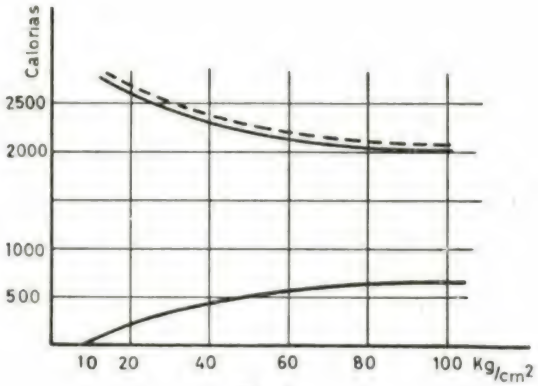


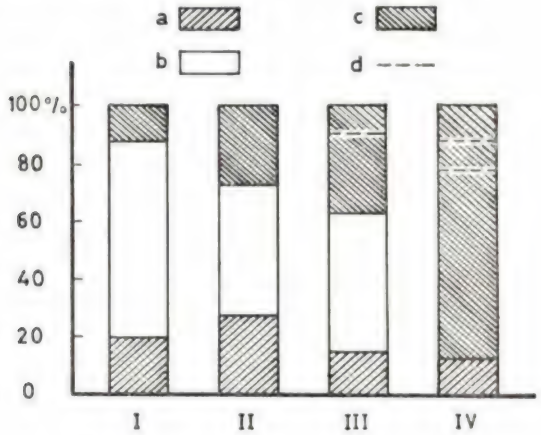
Fig. 8

A fig. 8 representa a traço cheio os consumos específicos numa máquina especialmente construída para trabalhar em alta pressão e a tracejado o rendimento global duma instalação em que se fêz a adaptação de um grupo de alta pressão. Verifica-se pois que o rendimento é apenas, para este caso, ligeiramente menor. A curva inferior do gráfico representa o aumento da potência com a junção do grupo de alta pressão.

Vamos então analisar a forma como o gerador de vapor se adaptou às imposições termodinâmicas das altas pressões e temperaturas.

Com a subida da pressão para as vizinhanças do ponto crítico ou mesmo acima dele, com a alimentação do gerador com água à temperatura de ebulição, a finalidade da superfície de aquecimento deixou de ser a transmissão do calor do líquido e da vaporização para só se destinar a transmissão do calor d · sobreaquecimento.

A figura (9) mostra a repartição do calor transmitido para pressões crescentes que comprovam o que dissémos.



a — Calor do líquido
b — Calor de vaporização
c — Calor de sobreaquecimento
d - - - - Calor de segundo sobreaquecimento

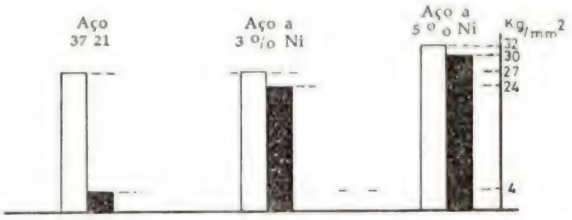
I — Instalação a 32 atu 400°, alimentada com água a 100°
II — Instalação a 136 atu 530° alimentada a 200°
III — Instalação a 136 atu 530° alimentada com água a 240°, com um segundo sobreaquecimento a 30 atu de 90 % do vapor de 365° a 515°
IV — Instalação a 300 atu 605° alimentada a 335° com 2 sobreaquecimentos intermédios
1.º — 125 atu de 90 % do vapor de 455° a 560°
2.º — 32 atu de 75 % do vapor de 380° a 530°

Fig. 9

Constituem partes essenciais de todos os grandes geradores de vapor os corpos cilíndricos e os tubos. Com a subida de pressão estes órgãos passam a estar simultâneamente sujeitos a fadigas provenientes da pressão e das elevadas temperaturas.

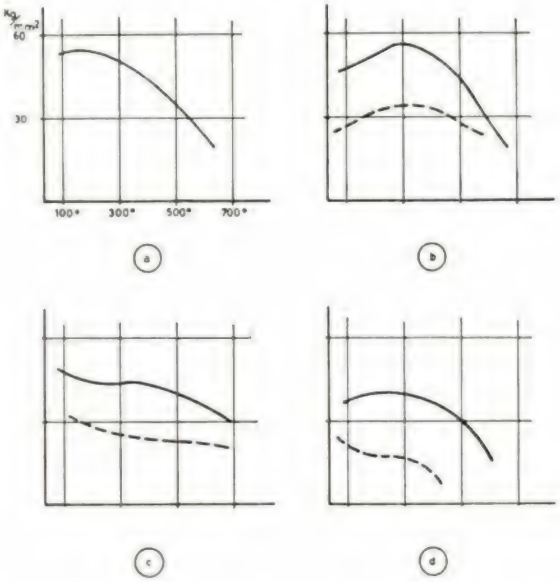
Verificou-se em primeiro lugar que o Aço-Carbono vulgar era impróprio para este tipo de construção em virtude do seu rápido envelhecimento patenteado pela fraca resistência ao choque (fig. 10).

Tentou pois substituir-se este aço pelo aço com 3 % a 5 % de níquel mas as oscilações do preço do níquel no mercado mundial orientaram os



Variação da carga de rotura ao choque com o tempo

Fig. 10



	C	Mn	Cr	Mo
a	0,15 %	0,5 %	4 a 6 %	0,5 %
b	0,15 %	0,4 %	—	0,5 %
c	0,15 %	0,8 %	0,5 %	0,5 %
d	0,15 %	0,5 %	4 a 6 %	0,5 %

Traço cheio — Cargas de rotura
Traço ponteado — Cargas limites de elasticidade

Fig. 11

construtores para os aços molibdénio e cromo-molibdénio com elevado limite de elasticidade (fig. 11).

Mesmo com o emprego de aços especiais e de diâmetros tão reduzidos quanto possível, chegaram-se ainda assim a espessuras de 50 mm a 100 mm que tornaram inoperantes a clássica calandra para o trabalho de dobrar chapa e o rebite como órgão de ligação.

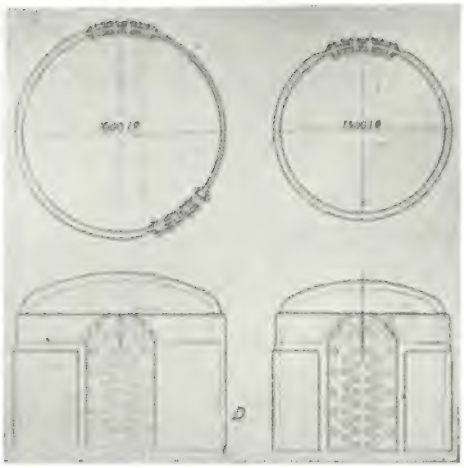


Fig. 12

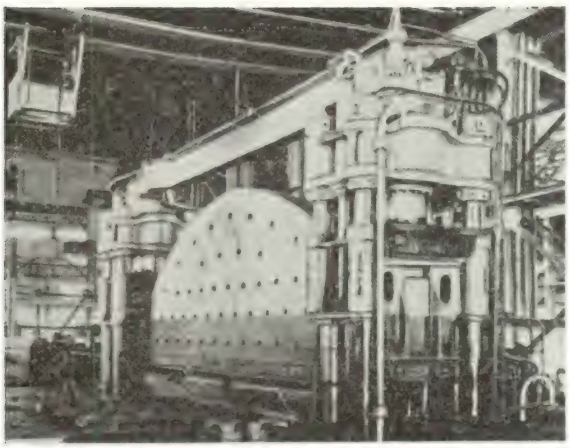


Fig. 14

Ainda como último reforço para o emprego dos rebites em corpos cilíndricos se recorreu a adopção de duas espessuras nestes corpos (fig. 12) e a um exagero na redução dos seus diâmetros, com graves inconvenientes para uma boa elasticidade da caldeira, em virtude da diminuição do seu volume de água.

Naturalmente que se fica obrigado a construir o corpo cilíndrico em duas partes desiguais (fig. 15).

A curvatura de chapas muito grossas com raios pequenos, provoca grandes tracções nas fibras exteriores e, inversamente, compressões nas fibras interiores das chapas, pelo que convém anular tais tensões para não se somarem às tensões de serviço. A fig. 16 mostra duas chapas

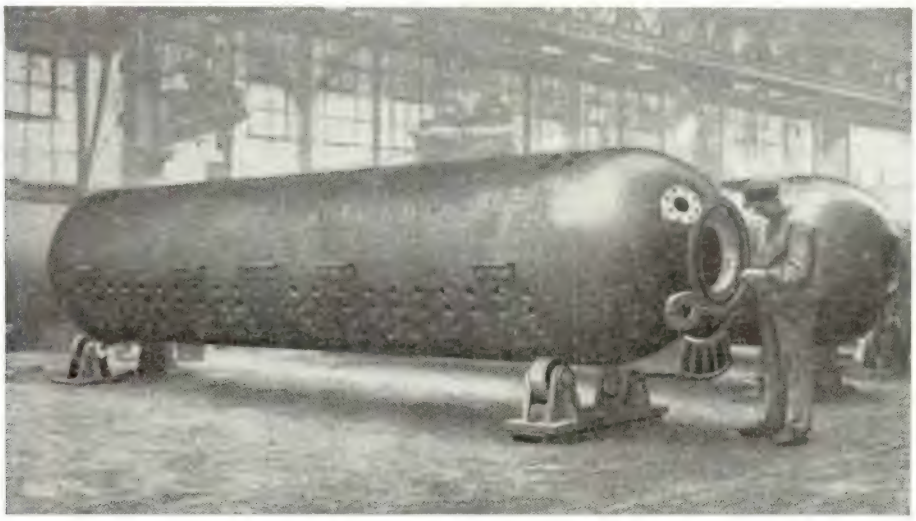


Fig. 13

Mas a evolução da construção de corpos cilíndricos ràpidamente levou a serem estes apenas soldados ou forjados a partir de um bloco único (fig. 13).

A calandra também é substituída pela prensa hidráulica na curvatura das virolas, conforme se vê na fig. 14, que representa uma prensa hidráulica de 6000 t, capaz de curvar chapas com 12,2 m de comprimento e 177 mm de espessura.

viradas após terem sido submetidas a um recozimento no forno respectivo.

Para formar o corpo cilíndrico há agora que recorrer à soldadura. Não só na união das duas meias virolas mas também a ligação dos tampos. Com o aumento da espessura há necessidade de utilizar máquinas de soldar de grande amperagem e eléctrodos de grande diâmetro.

A figura 17 representa a cabeça de soldadura

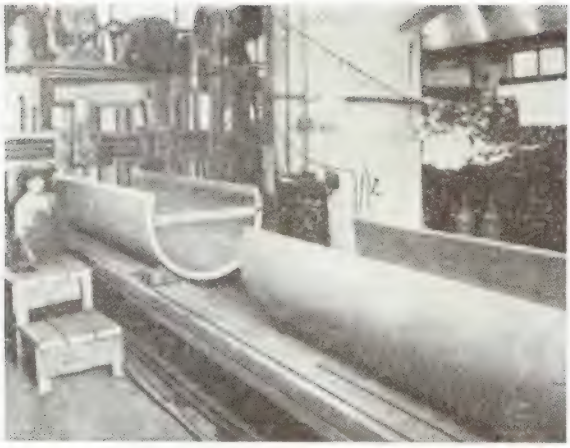


Fig. 15

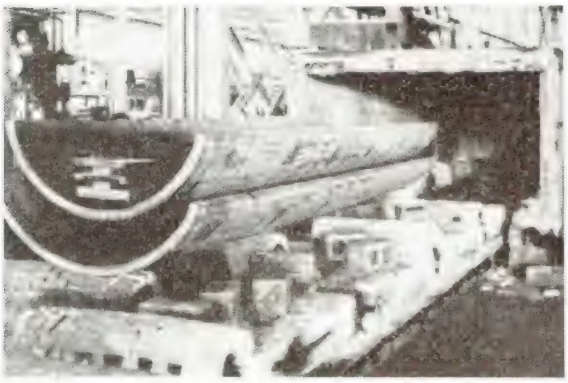


Fig. 16

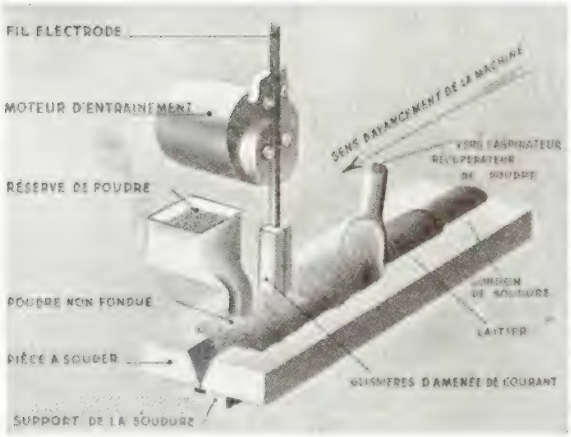
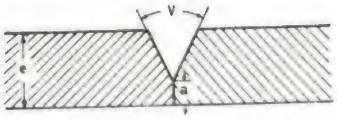


Fig. 17

de uma máquina Union-Melt e o quadro 17 a dá-nos a velocidade de soldadura em mm/minuto que se consegue com esta máquina para as várias espessuras de chapa.

Naturalmente que, sendo estas soldaduras de



e	V	a	Amp	Volts	Velocidade mm/min	ø fio	Peso fio kg/metro
8	60°	3	800 a 900	33-36	650 a 700	3/16	0,3-0,5
10	60°	3	900 a 1000	34-37	550 a 650	1/4	0,4-0,55
20	40°	3	1250 a 1350	36-39	325 a 400	1/4 a 5/16	0,9-1
30	30°	3	1600 a 1750	39-41	200 a 250	5/16	1,7-2,2
40	30°	3	2050 a 2250	39-41	150 a 200	3/8	3-3,5

Fig. 17 a

importância vital, se torna indispensável um controle cuidadoso da sua perfeição empregando Raios X, γ ou ultrasons. É de uso fazer o fornecimento do corpo cilíndrico acompanhado das respectivas radiografias das juntas (fig. 18).

A figura 19 mostra a colocação de um corpo cilíndrico, após soldadura, novamente no forno de recozimento para anular as também inevitáveis tensões de soldadura.

Fig 18

Apesar da qualidade dos materiais escolhidos, a grande espessura atingida pelos corpos cilín-

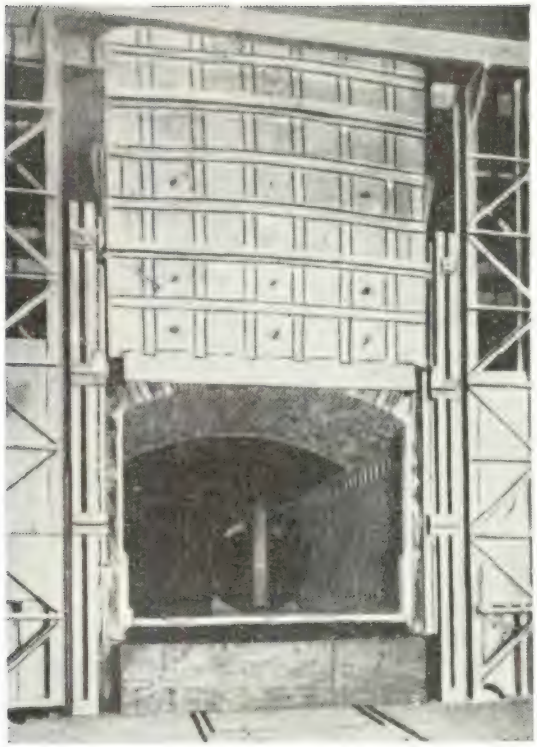


Fig. 19

dricos faz temer a tensão suplementar que aparece motivada pela elevada diferença das temperaturas das paredes externa e interna.

Cuida-se assim do isolamento perfeito dos corpos cilíndricos em relação aos produtos da combustão da caldeira (fig. 20). Infelizmente já não é possível adoptar esta precaução para os tubos das caldeiras uma vez que as novas técnicas obrigam, mais do que antigamente, a expor os tubos ao calor radiante.

A figura 21 patenteia a razão porque, apesar de duramente expostos, a espessura dos tubos não pode aumentar proporcionalmente ao aumento de pressão.

Na realidade, a tensão total é influenciada por dois factores de variação contrária: a tensão de pressão, que diminui com o aumento da espessura, e a tensão térmica de dilatação, que aumenta com a espessura. O mesmo é dizer que haverá para cada pressão uma espessura óptima.

O material empregado para os tubos teve evolução semelhante ao empregado para os corpos cilíndricos, todavia com a agravante de ser difícil laminar tubos de aço pouco maleável como o são os aços austeníticos.

Um novo fenómeno começou a preocupar os construtores e utilizadores de caldeiras de altas pressões e temperaturas: a fluagem. Esta consiste numa diminuição da resistência do material com o decorrer do tempo de utilização sob condições severas de pressão e temperatura originando roturas com e sem estricção.

A figura 22 mostra o resultado da fluagem num tubo de caldeira.

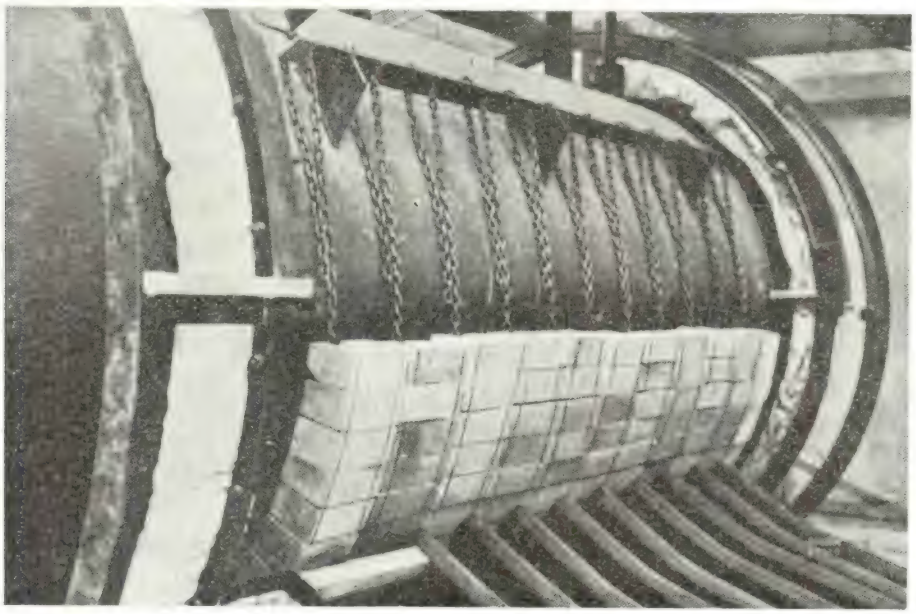


Fig. 20

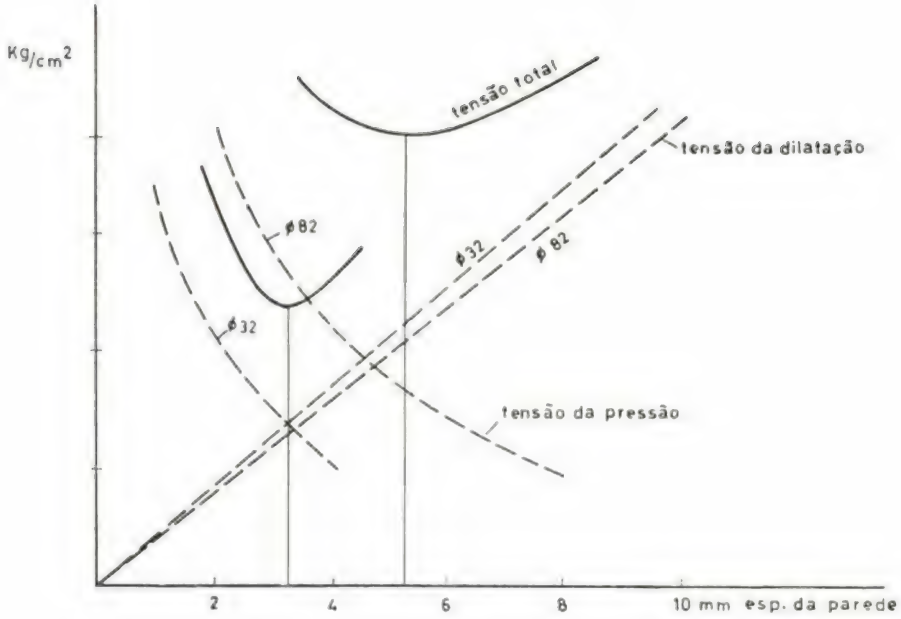


Fig. 21

O alongamento total que o material sofre devido a este fenómeno é dado por

$$\varepsilon_t = \varepsilon_o + W_o \tau + a \log \tau$$

em que

W_o — velocidade de fluagem

τ = tempo

Fig. 22

A velocidade de fluagem é função da temperatura e varia de elemento para elemento.

Assim não admira que se estude cuidadosamente este problema que atinge uma agudeza extrema na escolha dos tubos de sobreaquecedores. As empresas interessadas estudam ligas susceptíveis de menor velocidade de fluagem e ensaiam-nas com longas séries de experiências em barretas sujeitas a tracções e simultâneamente a altas temperaturas.

A fig. 23 mostra uma bateria de máquinas de ensaio onde se obtêm diagramas como o da fig. 24.

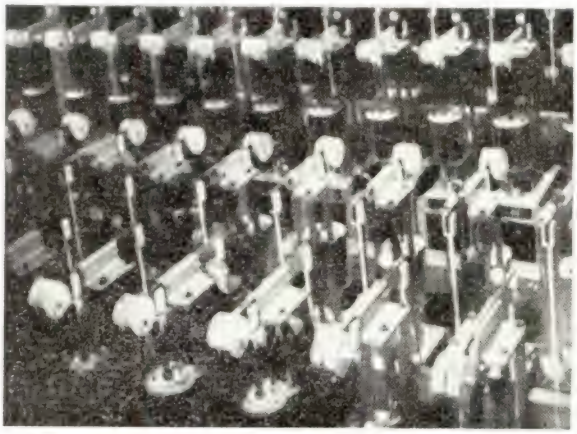


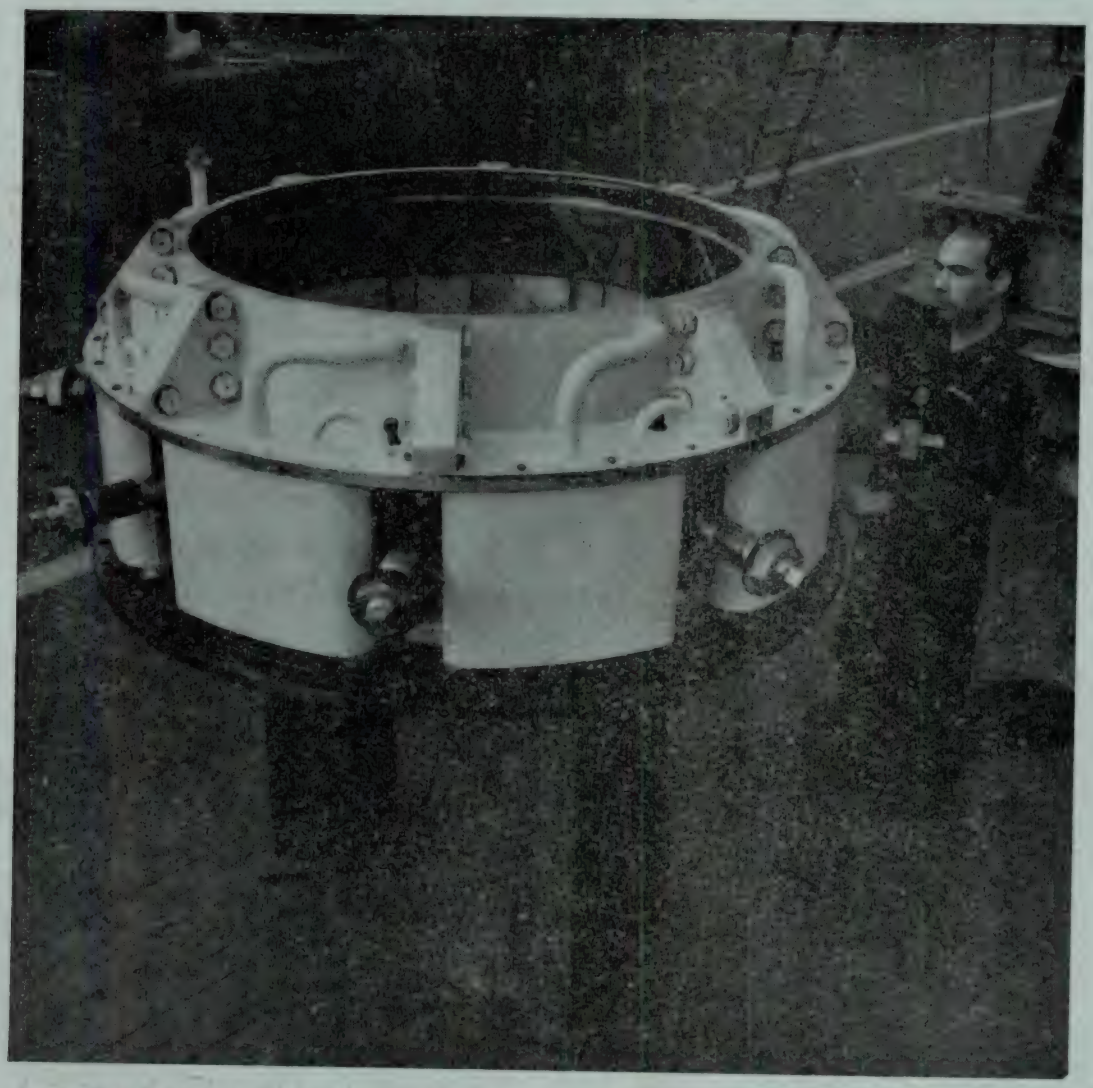
Fig. 23

As figs. 25, 26, 27 e 28, mostram algumas especificacões de tubos normalmente utilizados, nas quais se indicam os coeficientes máximos de trabalho que permitem para cada temperatura um certo número de horas de boa resistência.

As 10.000 h e 100.000 h constituem presente-

MAGUE

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS MAGUE, L.DA
(S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA)
Alverca Portugal



Aspecto da chumaceira de guiamento de uma das três turbinas «Francis» de 80.000 C.V. destinadas à Central de Miranda do Douro, construídas por Construções Metalo Mecânicas Mague, S.A.R.L., segundo projecto e licença dos Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey, S. A.

•

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS. DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
BLINDAGENS

DIVISÃO METALO-MECÂNICA

COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170—LISBOA

comporta da barragem do Maranhão construída pela companhia união fabril

Fig. 24

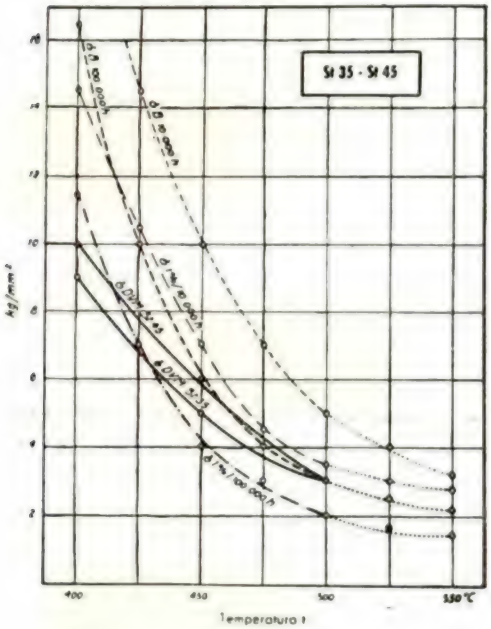


Fig. 25

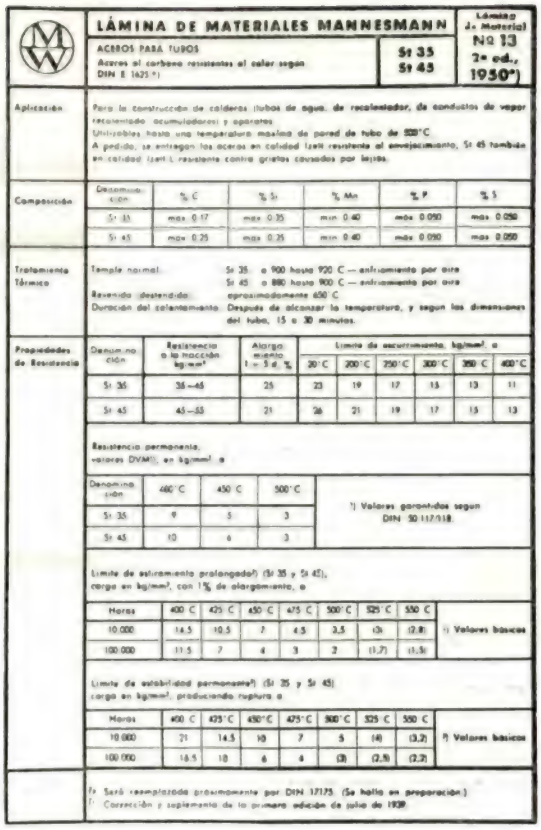


LÁMINA DE MATERIALES MANNESMANN

Lámina de Material Nº 13 2ª ed., 1950*)

ACEROS PARA TUBOS
Aceros al carbono resistentes al calor según DIN E 1629 *)

St 35
St 45

Aplicación

Para la construcción de calderas (tubos de agua, de recalentador, de conductos de vapor recalentado, acumuladores) y aparatos.
Utilizables hasta una temperatura máxima de pared de tubo de 550°C.
A pedido, se entregan los aceros en calidad Izett resistente al envejecimiento, St 45 también en calidad Izett L resistente contra grietas causadas por lejías.

Composición

Denominación	% C	% Si	% Mn	% P	% S
St 35	máx. 0.17	máx. 0.35	mín. 0.40	máx. 0.050	máx. 0.050
St 45	máx. 0.25	máx. 0.35	mín. 0.40	máx. 0.050	máx. 0.050

Tratamiento Térmico

Temple normal: St 35: a 900 hasta 920 C — enfriamiento por aire
St 45: a 880 hasta 900 C — enfriamiento por aire
Revenido (destendido): aproximadamente 650 C
Duración del calentamiento: Después de alcanzar la temperatura, y según las dimensiones del tubo, 15 a 30 minutos.

Propiedades de Resistencia

Denominación	Resistencia a la tracción kg/mm²	Alargamiento 1 = 5 d, %	Límite de escurrimiento, kg/mm², a 20°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
St 35	36—46	25	23	19	17	15	13	11
St 45	45—55	21	26	21	19	17	15	13

Resistencia permanente, valores DVM[1]), en kg/mm², a

Denominación	400°C	450°C	500°C
St 35	9	5	3
St 45	10	6	3

[1]) Valores garantidos según DIN 50 117/118.

Límite de estiramiento prolongado[1]) (St 35 y St 45), carga en kg/mm², con 1% de alargamiento, a

Horas	400°C	425°C	450°C	475°C	500°C	525°C	550°C
10.000	14.5	10.5	7	4.5	3.5	(3)	(2.8)
100.000	11.5	7	4	3	2	(1.7)	(1.5)

[1]) Valores básicos

Límite de estabilidad permanente[1]) (St 35 y St 45), carga en kg/mm², produciendo rupturas a

Horas	400°C	425°C	450°C	475°C	500°C	525°C	550°C
10.000	21	14.5	10	7	5	(4)	(3.2)
100.000	16.5	10	6	4	(3)	(2.5)	(2.2)

[1]) Valores básicos

[1]) Será reemplazada próximamente por DIN 17175. (Se halla en preparación.)
*) Corrección y suplemento de la primera edición de julio de 1938.

Fig. 26

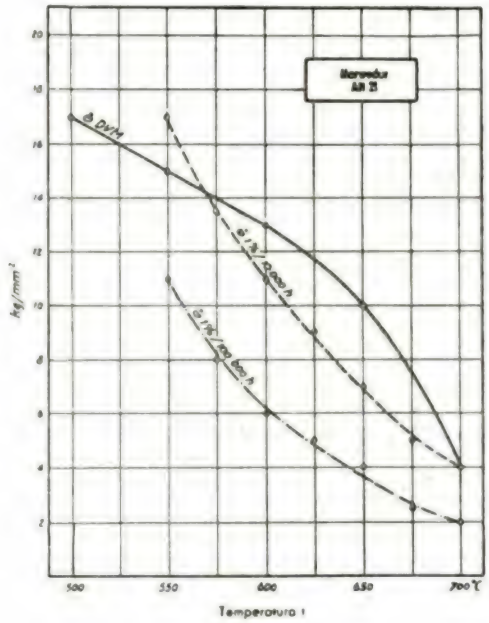


Fig. 27

mente padrões de duração que se respeitam pelo perigo que a sua ultrapassagem representa para a exploração.

O quadro da fig. 29 representa as características de composição dos aços para tubos de caldeiras e sobreaquecedores. Aparecem agora novas características dos aços — a temperatura limite e a carga limite possível em função da temperatura e tempo de duração previstos.

Examinadas as maneiras como foram vencidas as dificuldades construtivas passamos à análise de outras que também houve que anular.

O aumento de pressão provoca uma elevação da temperatura do fluido ao qual se transmite o calor e portanto obriga a que os gases da combustão tenham que abandonar a caldeira a temperaturas cada vez maiores.

Como consequência, as caldeiras que de ínicio eram percorridas pelos produtos da combustão em 3 e 4 circuitos passaram a 2 e finalmente 1 circuito.

Esta diminuição do número de circuitos faz com que a produção horária de vapor por m²

LÁMINA DE MATERIALES MANNESMANN

ACERO PARA TUBOS

Acero al cromo níquel molibdeno niobio

MARWIDUR **AN 21**

Láminas de Material Nº 54

Aplicación

Para tubos de recalentador, conductos de vapor recalentado, recalentadores de aire, transmisores de calor, etc., donde se necesitan una estabilidad permanente y una resistencia a la descarbonización especialmente altas, además para toda clase de craqueiras y de transformación para hidrocarburos y en las industrias aceitera y química.

Resistente a la descarbonización hasta 850°C aproximadamente, en el aire.

Composición

%, C	%, Cr	%, Ni	%, Mo + Nb
apr. 0:10	apr. 16	apr. 13	2 a 3

Tratamiento Térmico

Temple: 1020 a 1080°C, enfriamiento en agua.

(Por lo general no se necesita revenir.)

Propiedades de Resistencia

Resistencia a la tracción kg/mm²	Alargamiento l = 5 d %	Límite de escurrimiento kg/mm² 20°C	300°C	400°C
60–75	40	27	18	17

Resistencia permanente, valores DVM¹), en kg/mm², a

500°C	550°C	600°C	650°C	700°C
17	15	13	10	4

¹) Valores garantidos según DIN 50 117/118

Límite de estiramiento prolongado¹), carga en kg/mm², con 1% de alargamiento, a

Horas	550°C	575°C	600°C	625°C	650°C	675°C	700°C
10.000	17	13.5	11	9	7	5	4
100.000	11	8	6*	5	4	2.5	2

¹) Valores básicos.

Fig. 28

3 circuitos — 45 kg/m².h (fig. 30)

2 circuitos — 84 kg/m².h (fig. 31)

1 circuito — 120 kg/m².h (fig. 32)

Somos por outro lado obrigados a dar um maior desenvolvimento aos órgãos acessórios — aquecedor de água e aquecedor de ar.

A procura de um melhor rendimento para a combustão e o aumento do potencial de calorias desenvolvidas, leva a desenvolver o tamanho da câmara de combustão e a aproximar a sua construção da forma cúbica, querendo apenas esta designação referir-se ao paralelismo das várias paredes que a constituem.

O pouco tempo de contacto das paredes com os gases, na sua passagem, obriga a procurar aproveitar todo o calor possível transmitindo-o por radiação uma vez que por este sistema a quantidade de calor transmitida é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta en-

Aços	Cr	C	Si	Mn	Ph + S	10.000 h 1 % alg	Temp.as
St 35		0,17	0,35	0,4	0,1	3,5 k/mm²	500°
Marwe 13 P		0,15 a 0,20	0,15-0,35	0,5 a 0,8	0,08	10 k/mm²	525°
Marwe 17 h	0,7 a 1	0,10-0,18	0,15-0,35	0,4 a 0,4	0,08	14 k/mm²	550°
Marwe 215 ESV	2,2		1,5			2,5	660°
AN 11	16	0,1				2,8	700°
AN 21	16	0,1				4	700

Fig. 29

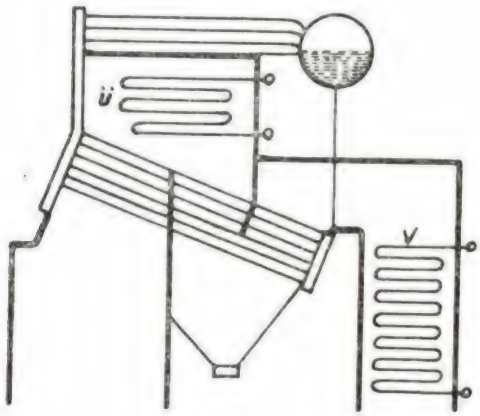


Fig. 30

de superfície de aquecimento suba conforme se indica :

quanto que por convexão é apenas proporcional à diferença de temperaturas reinantes.

A necessidade de maior superfície exposta à radiação faz com que os antigos e clássicos tipos de geradores sejam substituídos, nas grandes unidades, pelas caldeiras de radiação sendo mesmo difícil hoje em dia encontrar qualquer semelhança das actuais unidades com os antigos tipos clássicos.

A fig 33 representa uma caldeira de radiação em que o tubular reveste completamente a parede e o tecto da câmara de combustão quer com tubos colocados uns ao lado dos outros e expostos directamente à acção dos produtos de combustão quer com tubos munidos de ailletes ou stubs para aumentar a superfície de transmissão

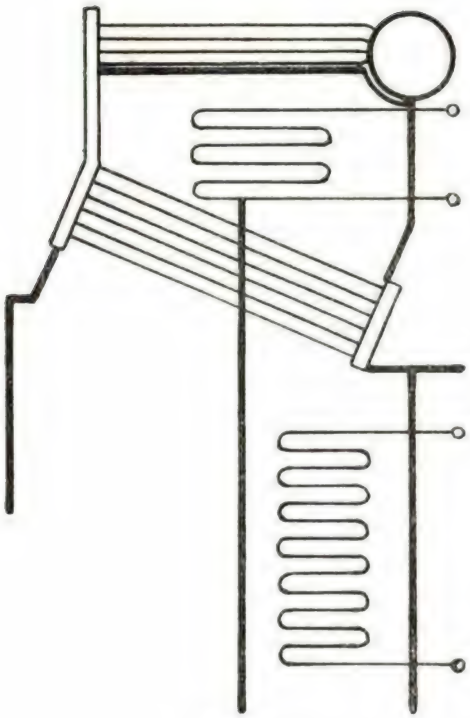


Fig. 31

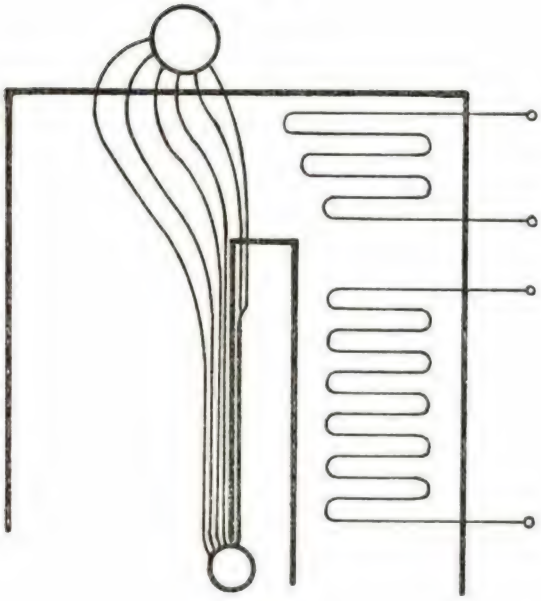


Fig. 32

ou ainda com tubos cobertos por placas de ferro fundido ou refractário, como nas paredes tipo Baley.

* * *

É sabido que a água entra em circulação nas caldeiras tubulares em virtude de diferenças de densidade nas zonas mais quentes e mais frias

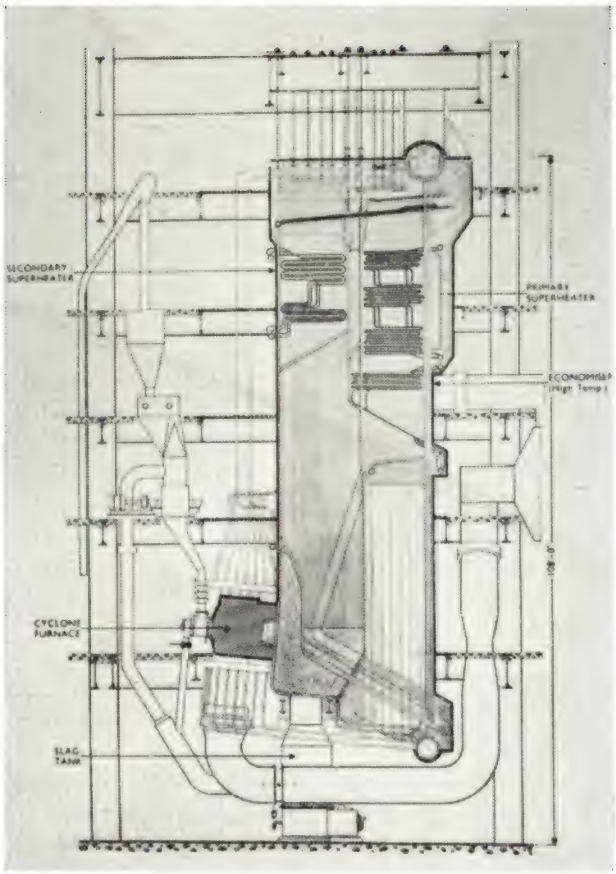


Fig. 33

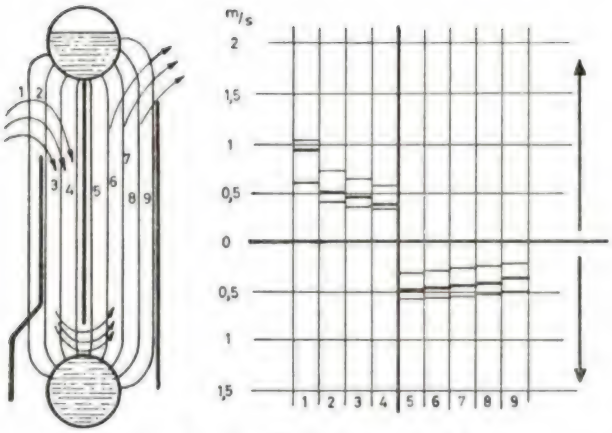
e que este movimento aumenta o coeficiente de transmissão dos tubos à água.

Considerando a existência de um corpo cilíndrico com um simples tubo de descida e outro de subida aquecido, vemos que o primeiro só contém água enquanto o segundo está cheio de uma mistura água-vapor, com menor densidade do que a água à mesma temperatura, e portanto com tendência para subir originando a circulação com uma velocidade sempre pequena e portanto função da percentagem de vapor na água da densidade da mistura.

À medida porém que a pressão aumenta, o volume das bolhas de vapor em suspensão na água diminuirá, a densidade da mistura aumentará, a velocidade de circulação diminuirá e, concluindo, o coeficiente de transmissão baixará.

A fig. 34 mostra as velocidades de circulação numa mesma caldeira a diferentes pressões; passando de 10 Kg/cm² para 100 Kg/cm² a velocidade diminui para 1/3 do valor inicial.

Esta pequena velocidade fará com que, em



A figura dá as velocidades para os dois casos indicados e para um intermédio

Fig. 34

tubos de descida onde se produzam bolhas de vapor, estas, não sendo arrastadas, se fixem à parede do tubo onde fortemente sobreaquecidas poderão a 500°C ser decompostas em O_2 e H_2.

Se a água tem ar dissolvido esta oxidação é inevitável.

Considerando que a pressão no reservatório inferior é maior do que no superior e que para altas pressões a quantidade de calor necessária para a vaporização diminui com a pressão, vemos que a produção de bolhas de vapor nos tubos de descida é inevitável tornando necessário subtraí-los da acção do calor; todos os tubos de descida são pois exteriores à câmara de combustão e fortemente isolados, reservando-se o interior da câmara para os tubos de subida.

São assim hoje correntes caldeiras com a câmara de combustão completamente revestida de tubos de subida alimentados por colectores inferiores, onde chega a água por meio de tubos de descida (fig. 35), e sendo o vapor encaminhado para o colector geral da caldeira.

* * *

A diminuição do diâmetro dos corpos cilíndricos bem como do desenvolvimento do tubular, motivado pelo aumento da quantidade de calor transmitido por m^2 de superfície de aquecimento com o aumento da pressão, faz com que o volume de água das caldeiras de alta pressão diminua com o aumento destas, tornando-se os geradores menos elásticos.

Este facto acarreta grandes variações de pressão à mais pequena variação de carga o que obriga a dar clara preferência a formas de combustão que possam por si suprir a falta de elasticidade da caldeira.

O óleo combustível e o carvão pulverizado são combustíveis ideais por permitirem passar ràpidamente de uma marcha para outra.

A primeira forma de combustão não sofreu nos últimos tempos modificações importantes mas o carvão pulverizado passou nìtidamente do regime de cinzas pulverulentas para o regime de cinzas fundidas e este tipo de combustão merece uma referência especial.

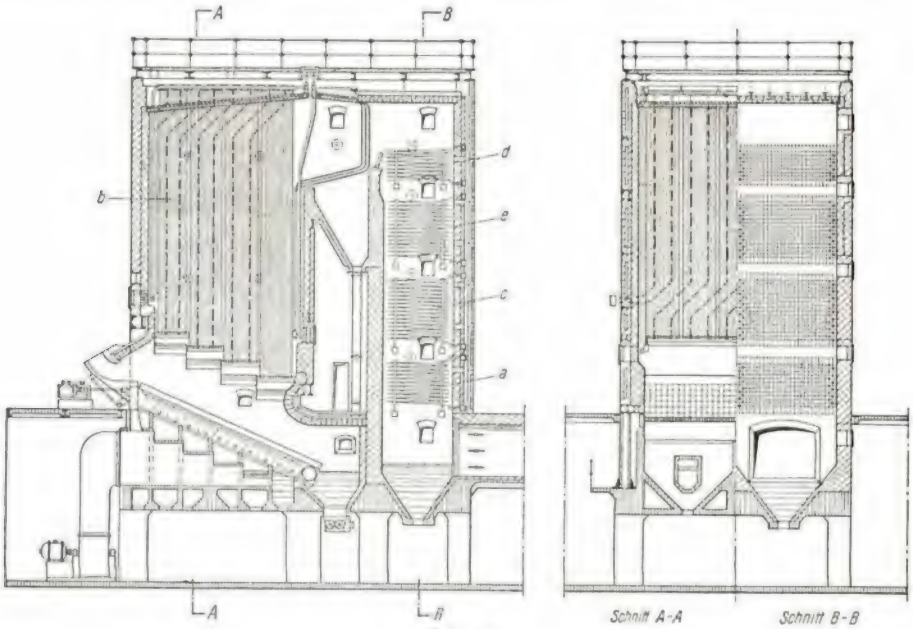


Fig. 35

A temperatura reinante numa câmara de combustão é função, por um lado, do número de calorias desenvolvidas isto é, do poder calorífico e quantidade de combustível, e por outro, do excesso de ar empregado e da maior ou menor permeabilidade ao calor das paredes da câmara.

A combustão do carvão pulverizado permite um contacto íntimo deste com o ar comburente reduzindo-se assim extraordinàriamente os excessos de ar e obtendo-se portanto elevadas percentagens de CO_2 e altas temperaturas na câmara.

No regime de cinzas fundidas procura-se elevar esta temperatura de forma a superar-se a temperatura de fusão das cinzas e, para esse efeito, efectua-se a combustão em pré-câmaras separadas da câmara principal (fig. 36) por écrans de tubos de água com stubs (fig. 37) que se revestem com material à base de carborundum dificilmente fusível.

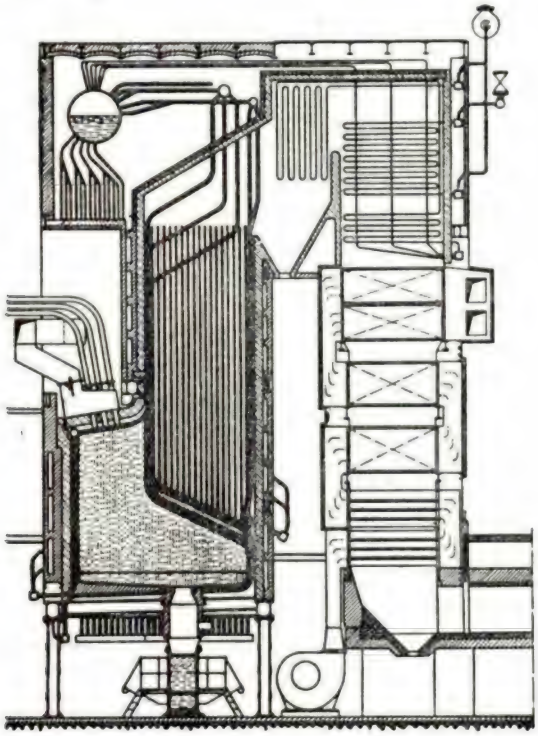


Fig. 36

O grande desenvolvimento de calor num recinto de pequenas dimensões e pouco permeável ao calor faz com que a temperatura suba acima do ponto de fusão das cinzas e portanto permite a sua evacuação sob a forma de escória.

A deterioração do refractário que envolve os tubos desta zona é muito rápida. Não resulta no entanto deste facto grande inconveniente pois o refractário passa a ser substituído pelo próprio clinker proveniente da fusão de cinzas.

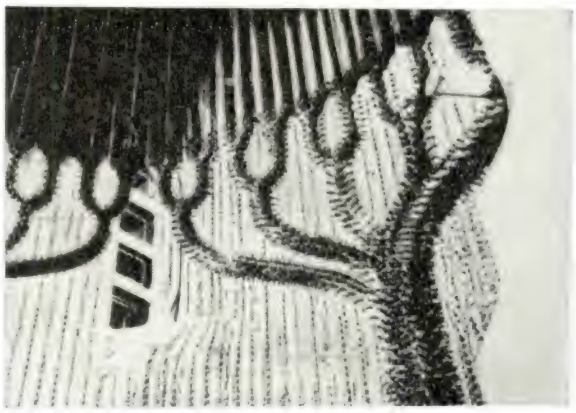


Fig. 37

A marcha no regime de cinzas fundidas permite reduzir a percentagem de ar em excesso a um mínimo aumentando por um lado a temperatura dos gases e por outro o seu poder radiante, uma vez que sòmente o vapor de água e o anidrido carbónico absorvem e transmitem calor radiante, sendo os restantes gases que enchem a câmara de combustão (N^2, CO, etc.), inertes a este tipo de transmissão de calor.

As dificuldades começaram a aparecer quando, em caldeiras trabalhando neste regime, se procurava variar fortemente a produção como é caso normal nas centrais produtoras de energia chamadas a cumprir diagramas de carga muito desequilibrados.

A temperatura reinante na antecâmara, que se mostrava suficiente para provocar a fusão das cinzas, passa a não o ser logo que a carga diminui e a caldeira passa automàticamente ao regime das cinzas pulvurulentas com todas os inconvenientes inerentes.

É-se assim levado ao emprego de queimadores ciclónicos (Fig. 39) ou à divisão das precâmaras em 2 partes que podem ser iguais ou desiguais, (Fig. 38) conforme o estudo das cargas mais usuais o indicar.

A figura 40, dá os detalhes do queimador ciclónico.

Quando se preveja que a marcha da combustão não venha a sofrer grandes oscilações, pode recorrer-se à ciclonagem na própria câmara de combustão colocando os queimadores, nos ângulos, no caso das câmaras rectangulares, ou nas várias faces da câmara de combustão, no caso

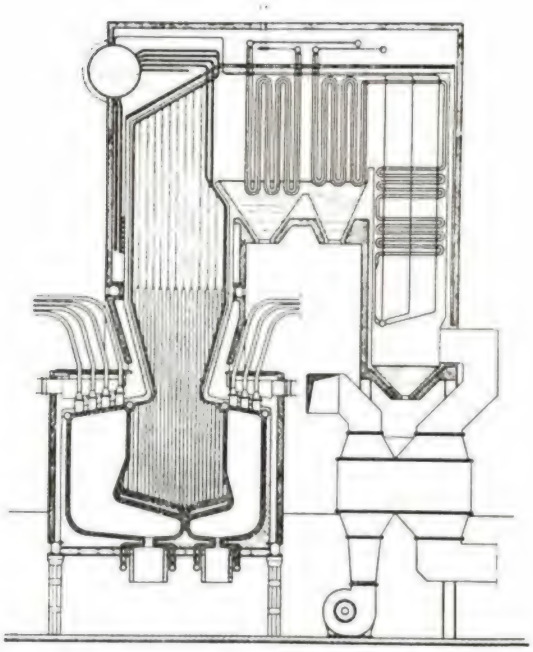


Fig. 38

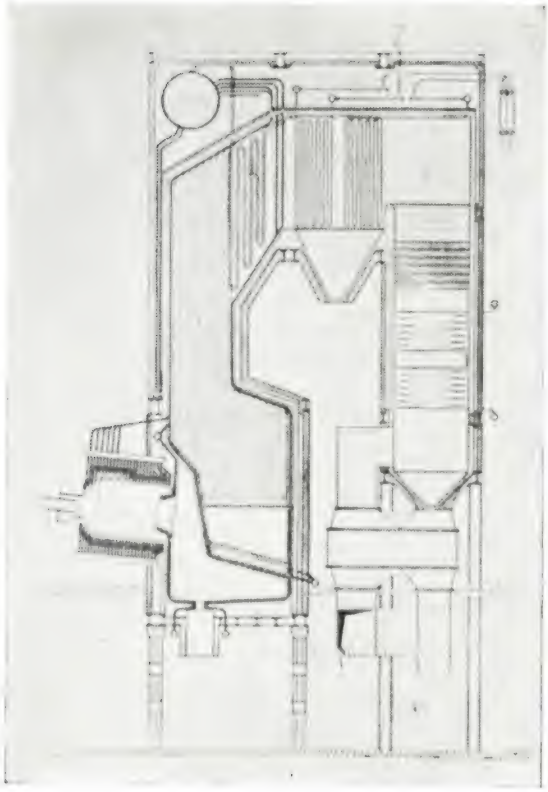


Fig. 39

de se adaptar a forma octogonal hoje muito em voga nas caldeiras alemãs.

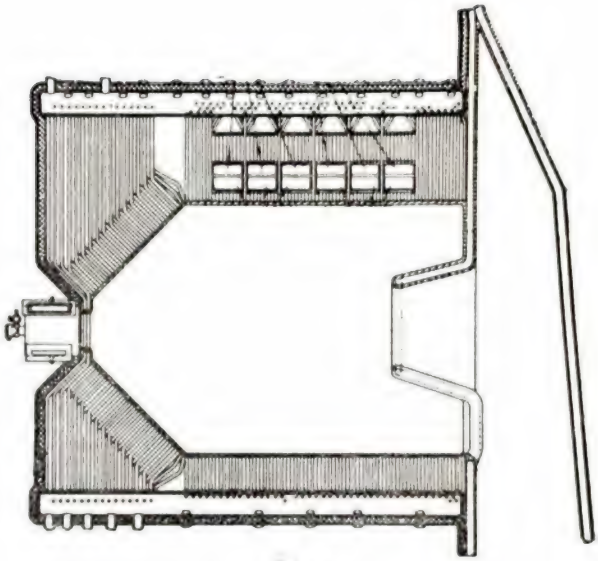


Fig. 40

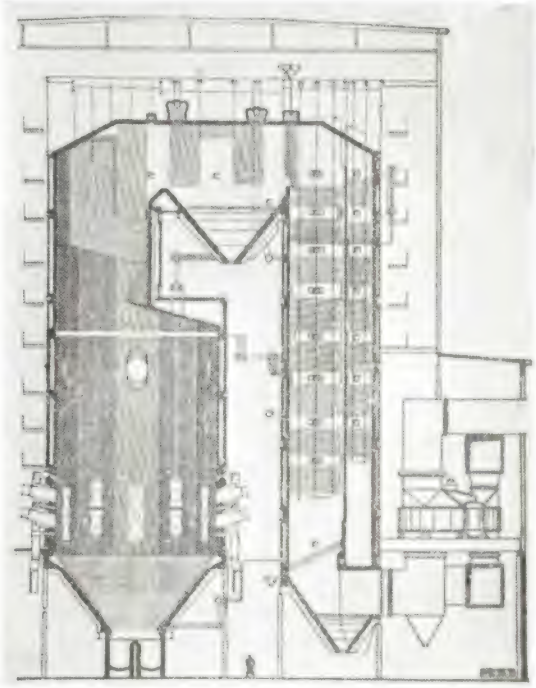


Fig 40 a

* * *

O sobreaquecedor tem nas caldeiras uma dupla finalidade:

— Secar o vapor produzido.
— Sobreaquecer o vapor.

O calor necessário à primeira finalidade cresce com o aumento de pressão, uma vez que o vapor

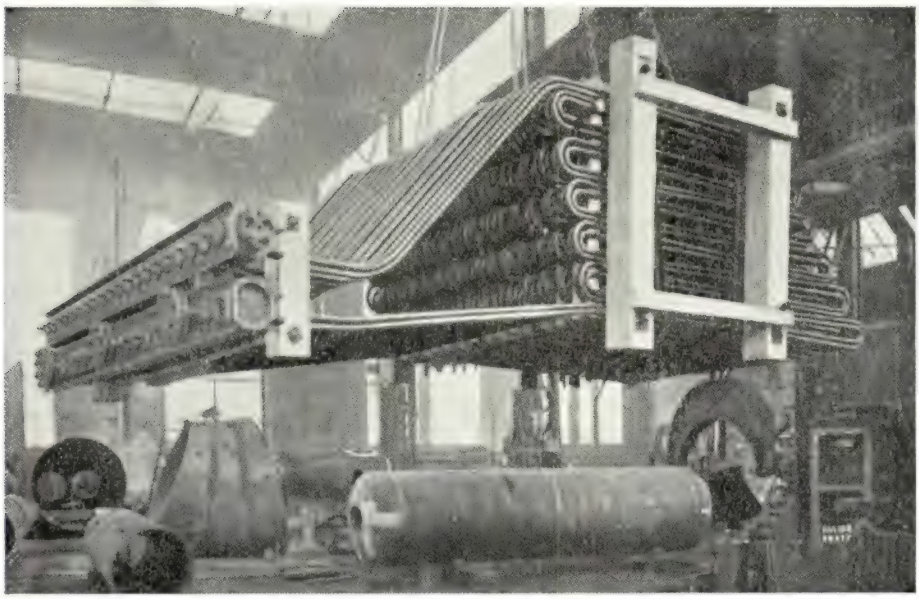


Fig. 41

produzido vai sendo tanto mais húmido quanto menor é a superfície livre da água em que o vapor se desprende.

Durante esta fase, como o vapor está em mudança de estado, a temperatura do fluido recepcionário de calor permanece constante não sendo portanto de prever elevadas temperaturas na parede do tubo. Esta zona do sobreaquecedor costuma colocar-se mais longe da câmara de combustão e ser constituída por tubos de qualidade normal.

Uma vez porém seco o vapor, entra-se no sobreaquecimento a alta temperatura, com o sobreaquecedor colocados na zona da radiação.

O sobreaquecedor passa assim a ter as suas paredes a altas temperaturas; a sua construção é a da figura 42 e a constituição do material dos tubos tem que ser cuidadosamente verificada, e será efectuado o registo diário do número de horas de trabalho desta parte de sobreaquecedor.

Como se acaba de expor, a posição do sobreaquecedor representa um compromisso entre a temperatura que nele se deseja obter e a temperatura do produto da combustão.

Porém, o sobreaquecedor, longe de assegurar uma temperatura constante ao vapor, vai, com as variações de carga, originar variações do grau de sobreaquecimento dado que, naturalmente, os produtos da combustão têm tanto maior temperatura quanto maior for a carga.

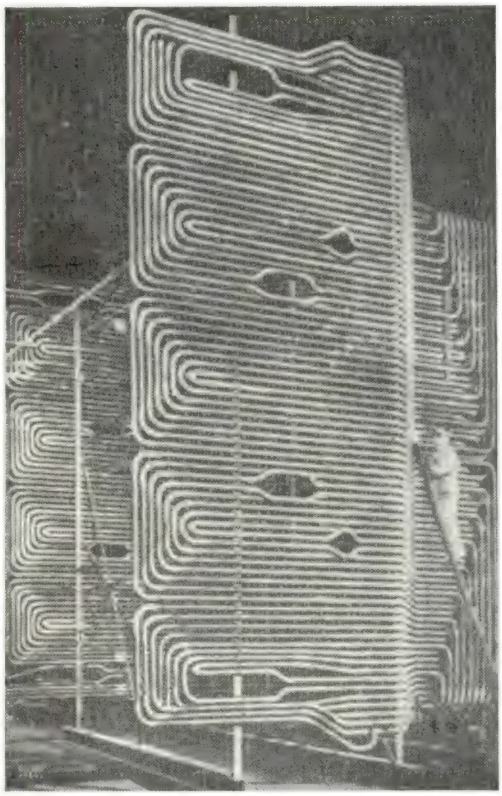


Fig. 42

Por outro lado, as quantidades de fluido a aquecer variam igualmente.

Do encontro destes dois compromissos resulta que a temperatura do sobreaquecimento vai

acusar as seguintes oscilações conforme a colocação do sobreaquecedor o que prova que a divisão do sobreaquecedor em «secador de vapor»

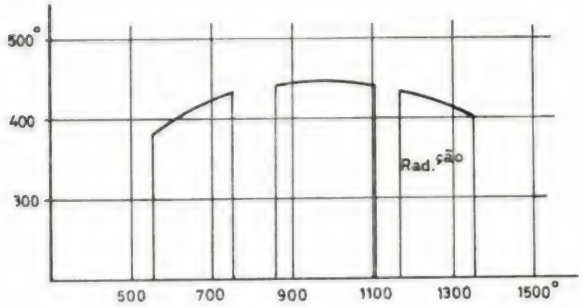


Fig. 43

situado na zona de convexão e sobreaquecedor colocado na zona de radiação, permitem manter o grau do sobreaquecimento pouco variável (Fig. 43), por ter um tendência a diminuir a temperatura com a carga e o outro a aumentar. A colocação na zona dos gases entre 900° a 1100° dá uma certa estabilidade ao grau de sobreaquecimento.

Aquecedores de água de alimentação

Estão postos absolutamente de parte os aquecedores de água (Economizadores) em virtude do aumento da pressão de trabalho. O tubo de ferro fundido de ailletes, está hoje completamente suplantado pelo tubo de aço vulgar e portanto o aquecedor da água é do tipo de serpentinas paralelas colocadas no percurso dos gases e com incidência perpendicular destes.

A água antes de entrar no aquecedor de água da caldeira sofre aquecimentos intermediários por subtiragens de vapor nos vários andares de expansão.

Aquecedores de ar

A elevada temperatura a que a água entra na caldeira faz com que os gases abandonem o aquecedor de água a altas temperaturas e torna imprescindível ao bom rendimento o emprego do aquecedor de ar.

O tipo clássico deste órgão de grande volume

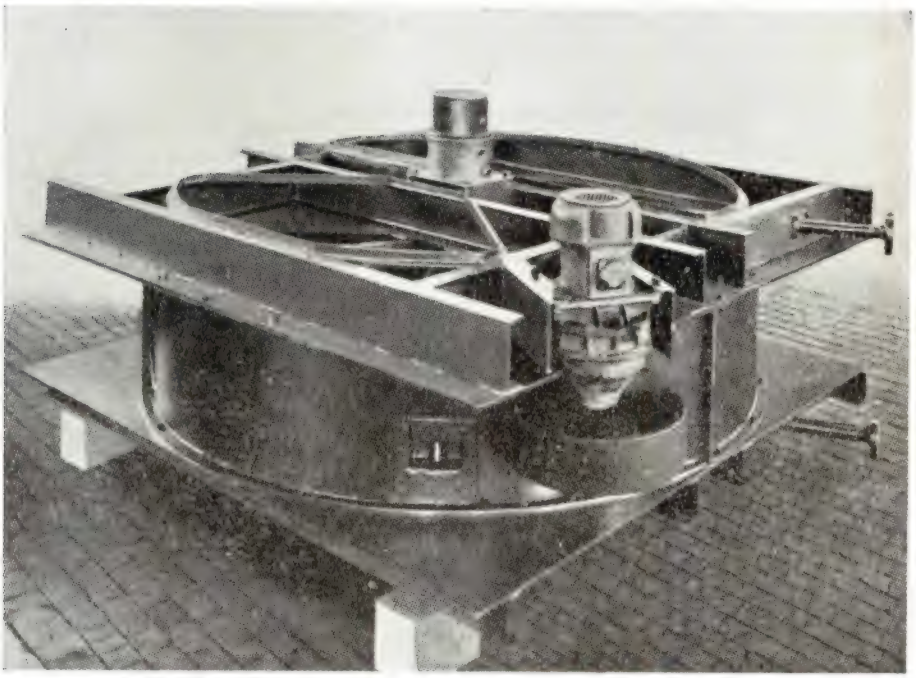


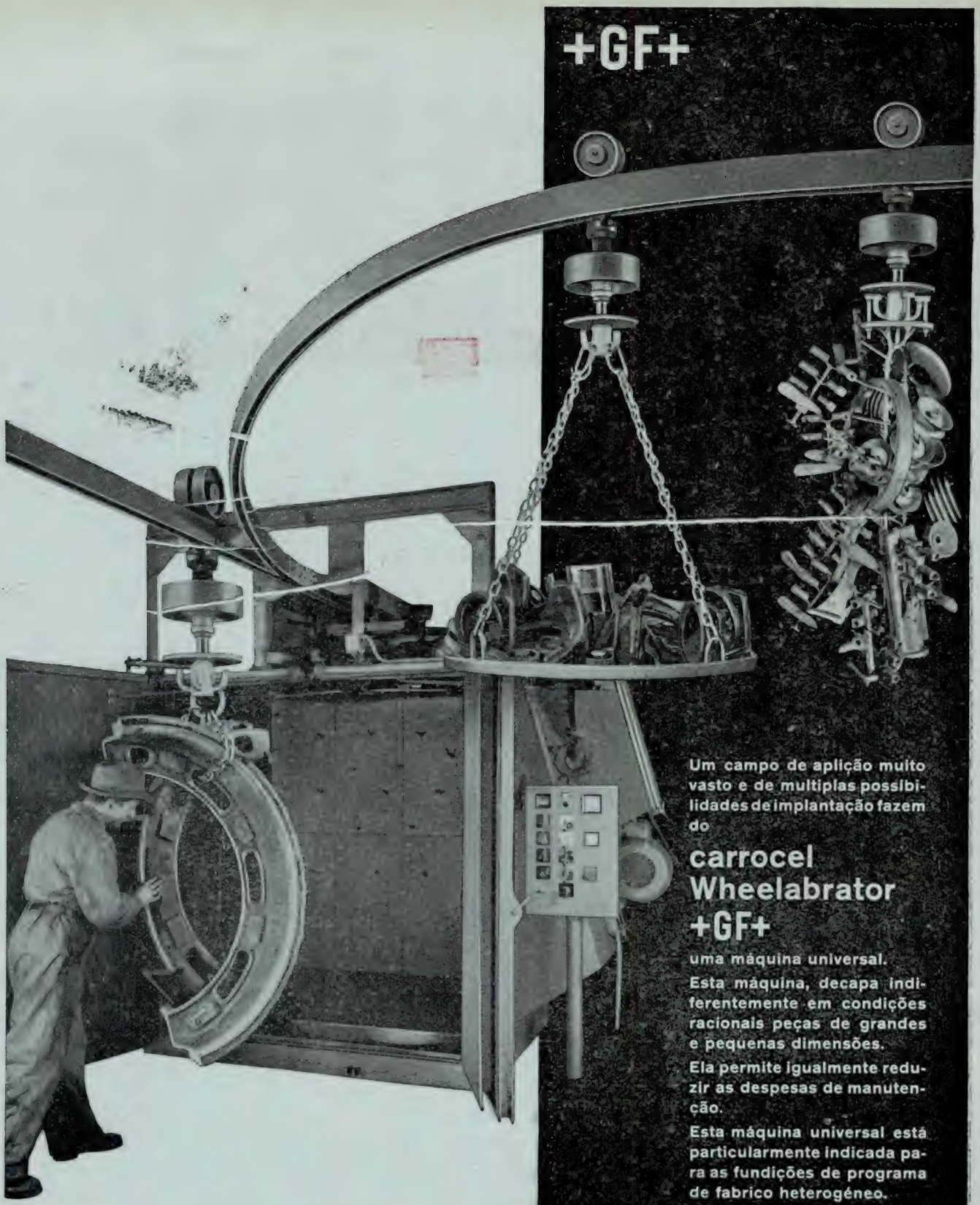
Fig. 44

Potência total dos motores originais instalados em 1959, em navios com mais de 2.000 tdw, conforme a revista «The Motor Ship»

Para os 217 navios com mais de 2.000 tdw que foram equipados em 1959 com motores originais das sete principais fábricas de motores Diesel de grande potência, as fábricas da M.A.N. de Augsburgo e Hamburgo forneceram 82 intalações com uma potência total de 444.520 CVe. Ao todo a M.A.N. e as suas licenciadas forneceram no ano de 1959, para navios com mais de 2.000 tdw, instalações de propulsão com uma potência total de 823.350 CVe.

M·A·N

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG AG · WERK AUGSBURG



Um campo de aplição muito vasto e de multiplas possibilidades de implantação fazem do

carrocel Wheelabrator +GF+

uma máquina universal.

Esta máquina, decapa indiferentemente em condições racionais peças de grandes e pequenas dimensões.

Ela permite igualmente reduzir as despesas de manutenção.

Esta máquina universal está particularmente indicada para as fundições de programa de fabrico heterogéneo.

O rendimento e a rentabilidade das máquinas

Wheelabrator +GF+

mantem-se inigualáveis.

Uma gama de mais de 20 modêlos normais permite fazer face aos problemas mais diversos.

Georges Fischer Sociedade Anónima, Schaffhouse (Suiça)
Telescriptôr: 52915 geofischer schf

Sociedade Comercial ROMAR Lda.
Rua da Boavista, 83-1° D Lisboa

GM 1288/5

está hoje substituído pelo aquecedor de ar rotativo Ljunström, fig. 44 e 45, que permite um muito maior coeficiente de transmissão, uma maior superfície por unidade de peso e portanto uma grande diminuição de espaço ocupado.

Nas grandes unidades o ar chega a ser aquecido em 2 aquecedores sucessivos, o aquecedor rotativo em que o ar é elevado a 300° seguida por um aquecedor de ar tubular que eleva a temperatura deste a 400°.

Se juntarmos ao que dissémos os injectores para limpeza dos tubulares e a reinjecção das cinzas retiradas nos locais em que os produtos da combustão dão voltas apertadas, teremos o aspecto geral do moderno gerador para alta pressão.

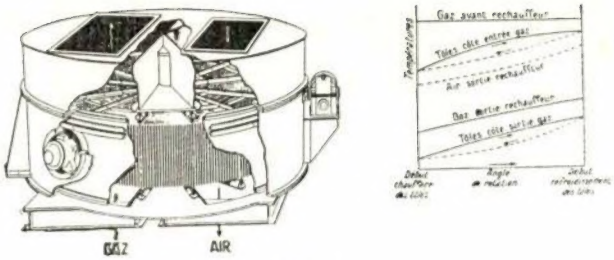


Fig. 45

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País*

SETEMBRO

I — Breve nota mensal

Sob o ponto de vista hidrológico, o mês de Setembro apresentou-se, no conjunto, acima da média.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1959	1960	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	216,1	217,5	+ 1
Produção térmica (P_t)	0,0	0,0	— (
Produção total (P_T)	216,1	217,5	+ 1
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) . .	49,1	26,2	— 47
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) . .	167,0	191,3	+14,6 (1)

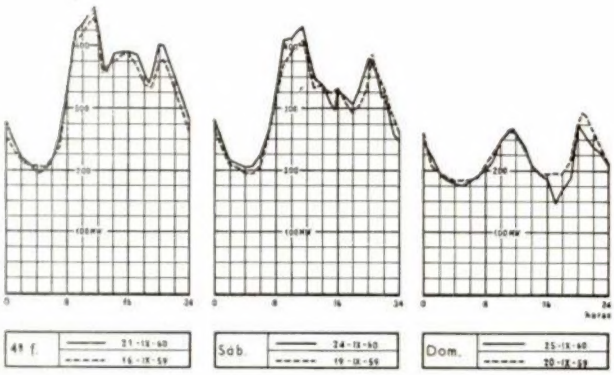
b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1959

	1959	1960	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	2014,0	2156,0	+ 7
Produção térmica (P_t)	14,5	43,2	+198
Produção total (P_T)	2028,5	2199,2	+ 8
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) . .	514,9	467,1	— 9
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) .	1513,6	1732,1	+14,4 (1)

Nota : (1) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, foi respectivamente de 14,1 e 13,5 %.

II — Diagrama de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 26-9-959	4.ª feira: 21-9-960
Produção hidráulica (P_h) — MWh	7802	8099
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	7802	8099
Produção para consumos não permanentes — MWh.	1788	1066
Utilização da ponta (U) — horas	17,4	17,5
Factor de carga (α)	0,72	0,73
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,45	0,43



III — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	No fim do mês % (1)
Paradela	160,9	72,3
Venda Nova	78,4	61,3
Salamonde	23,5	85,1
Caniçada	21,9	66,2
Cabril	0,0	0,0
Castelo do Bode	146,4	89,8
Guilhofrei	5,2	62,7
Lagoa Comprida	20,0 (2)	61,9
Santa Luzia	34,2	55,5
Pracana	5,2	40,3
Póvoa	6,8 (3)	51,9
Total . . .	502,5	48,2

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 1,8 GWh armazenados em Vale do Rossim.

(3) Inclui 1,4 GWh armazenados no açude do Poio.

C. D. U. 666.94:545.2

A APLICAÇÃO DAS MODERNAS TÉCNICAS FÍSICO-QUÍMICAS À ANÁLISE RÁPIDA DE CIMENTOS. COMPLEXOMETRIA.*

POR ANTERA VALERIANA DE SEABRA
Engenheiro Chefe da Secção de Química
e MARIA DO ROSÁRIO TAVARES CRAVO
Engenheiro Químico Assistente
do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

I — GENERALIDADES

Acompanhando o ritmo que caracteriza a vida moderna verifica-se nos métodos de análise grande tendência para utilizar técnicas cada vez mais rápidas. Por isso têm hoje um vasto domínio de aplicação os chamados métodos físico químicos, que progressivamente se vêm sobrepondo aos métodos clássicos de gravimetria e volumetria. Estes últimos, sendo de grande rigor, começam a ter presentemente maior interesse como aferidores do que como métodos correntes de análise.

Entre as técnicas modernas que oferecem maiores vantagens do ponto de vista referido, contam-se a fotometria, a espectrografia, a polarografia e a volumetria complexométrica.

Expõe-se em seguida, muito sumàriamente, a possibilidade actual de aplicação de cada um destes métodos na análise dos cimentos.

1 — *Fotometria*

a) — A fotometria absorciométrica, cujo campo de aplicação é muito vasto e que chega a atingir, nalguns casos, a precisão dos processos volumétricos, pode aplicar-se em muitas das determinações efectuadas nos cimentos: SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, MnO_2, TiO_2, OK_2, ONa_2, OCa, OMg e SO_3.

O processo baseia-se, como se sabe, nas leis de Lambert-Beer, e consiste em determinar a absorção que sofre a intensidade de um feixe de luz ao atravessar uma determinada espessura de solução corada, cor originada directa ou indirectamente pela substância a dosear.

A medida da intensidade luminosa efectua-se por meio de células fotoeléctricas e a concentração determina-se, em geral, a partir do estabelecimento prévio de curvas padrão.

Esta técnica requer, no entanto, pessoal especializado e aparelhagem adequada. Na análise dos cimentos a absorciometria apenas oferece vantagens, em relação aos métodos clássicos, nas determinações não habituais como $Ti\,O_2$, MnO_2 e álcalis. Noutras, como a do ferro, embora rápida, não há interesse na substituição do método corrente, igualmente rápido. Para os doseamentos de SiO_2, OCa, OMg e O_3Al_2, tal como para a gravimetria, são necessárias operações preliminares morosas.

Contudo, para o óxido de alumínio, existe um processo que permite a sua determinação directa (1), mesmo em presença do ferro cuja interferência se evita por meio de hidroxilamina em quantidade conveniente, o que apresenta um certo interesse.

b) — A fotometria de chama, na análise de cimentos emprega-se nas determinações dos álcalis e da cal e, menos frequentemente, nas da magnésia e manganês.

Neste método a análise realiza-se sobre uma solução que é finamente dividida por um pulverizador, após o que a combustão dum gás a elevada temperatura provoca a emissão de um espectro luminoso. Este é recebido, por uma célula fotoeléctrica depois de atravessar filtros convenientes, sendo a corrente gerada por esta célula função da concentração da solução.

O método apresenta bastante precisão e torna-se especialmente vantajoso na determinação

* Este trabalho foi apresentado ao Congresso Internacional do Cimento, realizado de 25 de Agosto a 3 de Setembro de 1960, em Lisboa.

dos elementos alcalinos. Com efeito, a análise clássica destes, além de bastante laboriosa e demorada, utiliza ainda alguns reagentes de elevado custo.

2 — *Espectrografia*

a) — O método espectrográfico de emissão baseia-se no facto de cada elemento, excitado convenientemente, emitir radiações de comprimento de onda característico e de intensidade proporcional à quantidade existente. O espectro obtido é, geralmente, registado em chapa ou película a partir da qual se pode avaliar, por comparação, a percentagem dos elementos existentes.

Actualmente, os espectrógrafos que se destinam à análise de rotina em grande escala, possuem dispositivos electrónicos que permitem a leitura imediata das percentagens dos elementos pretendidos sobre um simples gráfico, num curto intervalo de tempo.

Todas as determinações correntes de análise de cimentos podem ser obtidas por este meio e, em geral, simultâneamente.

Os métodos espectrográficos apresentam a vantagem, sobre todos os outros, de serem muito rápidas as operações prévias de preparação da amostra, necessitando-se apenas de equipamento especial para este fim.

Como desvantagens deste método apontam-se a exigência de aparelhagem de custo muito elevado e pessoal especializado e, ainda, o facto da precisão dos resultados se afastar, muitas vezes consideràvelmente, da obtida pelos métodos clássicos.

Como exemplo frisante da automatização conseguida, cita-se o equipamento fornecido pela Aplied Research Laboratory (A. R L.) com o nome de «Tape Machine» em que a amostra em pó, em quantidade conveniente, é transportada por uma espécie de fita adesiva que passa entre os eléctrodos produtores de faísca, originando o espectro respectivo. As intensidades espectrais são medidas e registadas automàticamente. O tempo total indicado para a análise completa da amostra de cimento é de cerca de 12 minutos.

b) — Pelo espectrografia de fluorescência por raios X, a análise completa de cimentos, pode efectuar-se igualmente num tempo mínimo.

O instrumento utilizado, espectrógrafo de raios X, tem, em linhas muito gerais, o seguinte fundamento:

Um feixe de raios X de alta intensidade, incidindo sobre os átomos dos elementos químicos existentes numa amostra dada, provoca a emissão de um espectro de raios X. Estas radiações secundárias apresentam comprimentos de onda característicos das diversas espécies de átomos excitados. A dispersão do espectro obtido é feita pela rede cristalina de um cristal denominado analisador, sendo a energia de cada uma das radiações separadas e reflectidas segundo ângulos diferentes, de acordo com a lei de Bragg, captada por um tubo detector de radiações.

Como o comprimento de onda da radiação caracteriza o elemento emissor e a sua intensidade depende da quantidade dessa substância na amostra, pode determinar-se a concentração dos constituintes desejados utilizando curvas de trabalho estabelecidas a partir do gráfico comprimento de onda-intensidade, registado automàticamente.

Alguns aparelhos aplicam estes princípios operando contìnuamente e nas mesmas condições sobre um padrão e a amostra a analisar e automàticamente registam a relação das duas intensidades, quer dizer, das duas concentrações. O tempo consumido para cada doseamento, incluindo preparação da amostra, não excede 6 minutos.

O método é suficientemente mecanizado para, em operações de rotina, não exigir grandes conhecimentos dos operadores, mas apenas bastante prática.

Contudo, o elevadíssimo preço de tal equipamento leva a que o seu emprego seja só econòmicamente viável em grandes companhias como a «Reverside Cement Company» ou «Southwestern Portland Cement Company» que utilizam o aparelho «Norelco Autrometer».

3 — *Polarografia*

Como se sabe este método tem por fim a obtenção de um gráfico corrente-voltagem durante a electrólise da solução da substância desconhecida, utilizando um eléctrodo não polarizável e outro polarizável de gotas de mercúrio. Na presença de um electrólito em grande excesso, que evita a corrente de migração dos iões a dosear, os fenómenos de difusão e polarização intervêm de modo a originar-se uma corrente limite cuja intensidade é proporcional à concentração da substância desconhecida.